

**Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft**

PTE-S Nr. 14

Halbjahresbericht über den Stand der
BMBF-Stillegungsprojekte
und der vom BMBF geförderten FuE-Arbeiten zu
„Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Berichtszeitraum: 01. Januar - 30. Juni 2007

Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe
Bereich Wassertechnologie und Entsorgung
im Auftrag des
Bundesministeriums für Bildung und Forschung

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
August 2007**

PTE-S Berichte

Der vorliegende Halbjahresbericht unterrichtet die Beteiligten an den Stilllegungsarbeiten, die aus dem BMBF-Titel „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Versuchs- und Demonstrationsanlagen“ finanziert werden, weiter die im Rahmen des Förderkonzepts „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ FuE-Arbeiten durchführenden Forschungsstellen, sowie zuständige Behörden.

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autoren bzw. die entsprechenden Forschungsstellen. Die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH übernimmt keine Gewähr insbesondere für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter.

Vorwort

Die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ist im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) sowie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) Projektträger für den Programmbereich „Entsorgung“.

Dieser Auftrag umfasst die Förderkonzepte „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ und „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“. Im Rahmen dieses Auftrages betreut der Projektträger PTKA-WTE u. a. für BMBF, Referat 713, die FuE-Vorhaben zu Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen.

Der vorliegende Fortschrittsbericht dokumentiert Stand und Ergebnisse dieser FuE-Vorhaben und darüber hinaus der Stilllegungsprojekte, die aus dem im Geschäftsbereich des BMBF befindlichen Stilllegungstitel finanziert werden. Er wird von PTKA-WTE *halbjährlich* herausgegeben, um den auf der vorangehenden Seite genannten Personenkreis über die durchgeführten Arbeiten zu informieren.

Der Bericht ist folgendermaßen aufgebaut:

Teil 1 stellt die **Stilllegungsprojekte** des BMBF in Form von formalisierten Zwischenberichten dar und zwar

- die Projekte MERLIN und AVR am Standort Jülich
- die Projekte des HDB, KNK, MZFR und WAK am Standort Karlsruhe
- die Restabwicklung des THTR 300
- die Schließung der Schachtanlage Asse
- die Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA Heidelberg II
- Projekt MAREN bei GKSS.

Der Stilllegungszustand des BER I am HMI ist seit 1974 unverändert. Daher entfällt die zuletzt in PTE-S Nr. 3 erfolgte Darstellung.

Das Stilllegungsprojekt des Forschungsreaktors TRIGA Heidelberg II ist seit dem 31.12.2006 abgeschlossen, daher entfällt die zuletzt in PTE-S Nr. 13 erfolgte Darstellung.

Teil 2 behandelt die **FuE-Vorhaben** des Förderkonzepts „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“, gegliedert nach

- Liste der Fördervorhaben,
- formalisierte Zwischenberichte, geordnet nach Förderkennzeichen,
- ausführenden Forschungsstellen.

Da Referat 713 eine koordinierende Zuständigkeit für Strahlenforschung übertragen bekam, werden seit 2002 auch **Strahlenforschungsvorhaben** gefördert. Diese sind ebenfalls in Teil 2 aufgeführt.

Inhaltsverzeichnis

1 Stilllegungsprojekte des BMBF	1
1.1 FZ Jülich.....	1
Merlin.....	2
1.2 AVR.....	5
1.3 FZ Karlsruhe.....	9
HDB	10
KNK	12
MZFR.....	14
1.4 WAK	17
1.5 THTR 300	21
1.6 Schachtanlage Asse bei GSF.....	25
1.7 Projekt MAREN bei GKSS	29
 2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“.....	 33
2.1 Fördervorhaben	33
2.2 Formalisierte Zwischenberichte	37
2.3 Ausführende Forschungsstellen	97

1 Stilllegungsprojekte des BMBF

1.1 FZ Jülich

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 11 60, 52412 Jülich	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung und Abbau des Forschungsreaktors FRJ-1 (MERLIN)	
Laufzeit des Vorhabens: 1996 bis voraussichtlich 2007 *) *) ohne Rückbau Betriebs-, Versorgungs- und Hygienegebäude	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 30,1 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Stahn

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Forschungsreaktor FRJ-1 (MERLIN) wurde nach ca. 21 Betriebsjahren 1985 endgültig abgeschaltet und in den Stillstandsbetrieb überführt. Noch im gleichen Jahr wurden die Brennelemente aus der Anlage entfernt und nach einer Zwischenlagerung zur Wiederaufarbeitung verbracht.

Der Rückbau der Anlage erfolgt seit 1996 auf der Basis mehrerer Teilgenehmigungen, die inhaltlich im Wesentlichen wie folgt abgegrenzt sind:

1. Abbau der Kühlkreisläufe und Experimentiereinrichtungen
2. Ausbau der Reaktortankeinbauten
3. Abbau des Reaktorblocks
4. Freimessung und Freigabe der Reaktorhalle

Die Arbeiten, die sich aus den Positionen 1. bis 3. ergeben, sind vollständig abgeschlossen.

Das Projektziel „Freimessen der Reaktorhalle mit anschließender Entlassung aus dem Anwendungsbereich des Atomgesetzes“, welches das Ende der Arbeiten entsprechend Position 4 der zuvor genannten Tätigkeiten bedeutet, wird voraussichtlich Ende September 2007 erreicht.

Bei den Nebengebäuden wird mit dem Abschluss maßgeblicher Arbeiten in 2008 gerechnet.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Mit der Bewilligung der Förderungsmittel des Bundes konnten die weit fortgeschrittenen und vor dem Abschluss stehenden Arbeiten weiterhin mit hoher Priorität durchgeführt werden:

2.1 Maßnahmen zur Freimessung der Reaktorhalle

Die restlichen Dekontaminationsarbeiten an Wänden, Boden und Decken der Reaktorhalle konnten, bis auf die erforderlichen Tätigkeiten an der Reaktorkuppel, im März 2007 abgeschlossen werden.

Nach Abschluss der Dekontaminationsmaßnahmen wurde mit vorbereitenden Maßnahmen für die anstehenden Freimesstätigkeiten begonnen. Dies war möglich, nachdem am 08.01.2007 die Zustimmung zum Detail-Ablaufplan durch die Aufsichtsbehörde erteilt worden war.

Wesentlicher Bestandteil der Freimesstätigkeiten ist ein abgestuftes konsequentes Rückzugskonzept, durch das insbesondere Rekontaminationen bereits dekontaminierter und freigemessener Bereiche sicher verhindert werden sollen. Kernpunkt des Rückzugskonzepts ist die Herstellung einer gerichteten Strömung. Dabei stellen die geplanten Anpassungen im Zuluft-, Überström- und Abluftkonzept sicher, dass die Luftströmung stets der Reihenfolge der frei zumessenden Raumbereiche folgt, so dass Rekontaminationen über diesen Pfad ausgeschlossen werden können. Nach Realisierung der erforderlichen Strömungsverhältnisse konnte im Berichtszeitraum als erster Raumbereich der Bereich frei gemessen werden, der ehemals die Anlagenräume der Reaktoranlage mit Pumpen-, Behälter- und Filterräumen beinhaltete. Die erforderlichen Kontrollmessungen u. a. durch den behördlich beauftragten Gutachter haben ebenfalls bereits stattgefunden. Mittlerweile wurde der Raumbereich zum Schutz vor Rekontamination versiegelt.

Im Berichtszeitraum wurde zudem die Krankkatze des 10 Mg-Hallenkrans des FRJ-1 demontiert. Diese Maßnahme wurde erforderlich, damit ein Hängegerüst am Hallenkran montiert werden konnte, dass für die Dekontaminationsarbeiten und die Messungen in der Kuppel der Reaktorhalle und an der Kranbrücke erforderlich ist. Die Montage des Hängegerüsts und die erforderlichen Dekontaminationsarbeiten an der Kuppel und am Kran konnten somit ebenfalls im Berichtszeitraum abgeschlossen werden.

Darüber hinaus konnten in Abstimmung mit Gutachter und Aufsichtsbehörde parallel zur Montage des Hängegerüsts bereits die Entscheidungsmessungen im Deckenbereich des Raumbereichs „Ringraum im Erdgeschoss“ durchgeführt sowie das Außentor der Lkw-Schleuse demontiert und entsorgt werden. Im Vorfeld waren bereits das Innentor der Lkw-Schleuse ausgebaut und ein Rolltor als neues Außentor montiert worden. Das Rolltor wurde notwendig, um weiterhin einen Unterdruck in der Reaktorhalle und die für das Rückzugskonzept vorgegebene gerichtete Strömung aufrecht zu erhalten. Die Türen der Personen- und Personennotschleuse wurden ebenfalls ausgebaut und durch Ersatztüren mit den geforderten Signalisierungsmöglichkeiten ersetzt.

2.2 Konventioneller Abriss der Reaktorhalle

Nach der Entlassung der Reaktorhalle aus dem Anwendungsbereich des AtG soll diese abgerissen werden. Im Berichtszeitraum konnte bereits der Abbruchantrag mit dem erforderlichen Rückbau- und Entsorgungskonzept erarbeitet und bei der zuständigen Bauaufsichtsbehörde eingereicht werden. Darüber hinaus wurden die Ausschreibungsunterlagen für den konventionellen Abbruch erstellt, zu denen auch ein Schadstoffgutachten gehört.

2.3 Sonstiges

In den Nebengebäuden des FRJ-1 (Betriebs-, Hygiene- und Versorgungsgebäude) wurden im Rahmen bestehender Genehmigungen ebenfalls weitere Maßnahmen durchgeführt.

Das Isotopenlabor wurde von allen beweglichen Gegenständen befreit und die komplette Elektro- und Medienversorgung demontiert und entsorgt. Außerdem wurde die Zuluftanlage vollständig abgebaut. Parallel dazu wurden für die Zu- und Abluftanlagen des FRJ-1, die sich im Versorgungsgebäude befinden, die entsprechenden Ausschreibungen getätigt.

Abgesehen von den zuvor beschriebenen Maßnahmen, die bereits durch andere Genehmigungen abgedeckt werden, wurde im Berichtszeitraum mit der Erstellung der Genehmigungsunterlagen für die restlichen Bereiche der Betriebs-, Hygiene- und Versorgungsgebäude begonnen.

3. Geplante Weiterarbeit

Die unter Ziffer 2 beschriebenen Arbeiten werden weiter fortgeführt. Im Einzelnen bedeutet dies für die verschiedenen Arbeitspakete folgendes:

- Die Freimesstätigkeiten werden unter Beibehaltung des Rückzugskonzeptes fortgesetzt.
- Anfang der 2. Jahreshälfte 2007 werden die Tätigkeiten für den konventionellen Abriss der Reaktorhalle ausgeschrieben.
- Die Tätigkeiten in den Nebengebäuden werden wie geplant fortgeführt. Im 3.Quartal 2007 soll der Genehmigungsantrag für den Rückbau der Gebäude gestellt werden.

4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

KONTEC 2007; Auf der Jagd nach den letzten unerwünschten Nukliden – Erfolge und Hürden auf dem Weg zur Freimessung des Forschungsreaktors FRJ-1 (MERLIN); Burkhard Stahn, Rudolf Printz, Karel Matela, Carsten Zehbe, Bernhard Stauch; Forschungszentrum Jülich GmbH

TÜV-Süd – Strahlenschutzseminar 28.06. – 29.06.2007; Methoden und Verfahrensschritte beim Rückbau des Forschungsreaktors FRJ-1 (MERLIN); Burkhard Stahn, Rudolf Printz, Karel Matela, Carsten Zehbe, Bernhard Stauch; Forschungszentrum Jülich GmbH

Sachstandsberichte an BMBF (Bund) und MSWWF (Land)

5. Kosten

Kosten bisher (von 1996 bis 2006):	26,60 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum (Ansatz 2007):	1,96 Mio. €
Zukünftige Kosten:	ca. 1,50 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

1.2 AVR

Zuwendungsempfänger: AVR GmbH, Wilhelm-Johnen-Straß3, 52428 Jülich	
Vorhabensbezeichnung: Vollständiger Abbau des AVR-Anlage	
Laufzeit des Vorhabens: 1987 bis 2012	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 398,7 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Rittscher

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der AVR - Versuchsreaktor ist ein heliumgekühlter graphitmoderierter Hochtemperaturreaktor mit kugelförmigen Brennelementen ("Kugelhaufenreaktor"). Der Reaktor war die erste ausschließlich in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte Kernkraftanlage. Seine thermische Leistung betrug 46 MW, die elektrische Bruttoleistung 15 MW. Aufgabe der Anlage war es, den sicheren Betrieb und die Verfügbarkeit dieses neuen Reaktortyps zu demonstrieren, Komponenten und insbesondere HTR-Brennelemente zu erproben sowie reaktortypbezogene Experimente durchzuführen. Der Standort des Reaktors grenzt unmittelbar an das Gelände des Forschungszentrums Jülich (FZJ). Nach 21 Betriebsjahren wurde die Anlage Ende 1988 abgeschaltet. Zwischenzeitlich sind die Brennelemente aus der Anlage entfernt und ein Großteil der Einbauten demontiert. Nach der jetzigen Planung soll die Kraftwerksanlage vollständig zurückgebaut werden, nachdem der Reaktorbehälter als Ganzes gezogen und außerhalb der Anlage bis zu seiner späteren Zerlegung zwischengelagert worden ist.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Die Anzahl der zur **Befüllung des Reaktorbehälters** notwendigen Stutzen/Sondenanschlüsse ist aus technischen Gründen erhöht worden und bedingt einen dementsprechenden Mehraufwand. Unterhalb des Reaktors laufen z. Zt. die vorbereitenden Arbeiten für die Befüllung der **Abschaltstabhüllrohre** mit Silikon.

Der Abbau der **Entnahmewand der Beschickungsanlage** ist abgeschlossen, ebenso das Folgeprojekt der **Wasserauffangbehälter/Ölablassbehälter**. Hierzu parallel wurde die Komponentendemontage auf der **+11-m-Bühne** im Schutzbehälter fortgesetzt.

Oberhalb des Schutzbehälters findet aktuell die Demontage des **Reaktordaches** statt.

Die Genehmigung zum Vollständigen Abbau der Anlage wird Ende 2007 erwartet. Dies gilt vorbehaltlich des Prüfungsabschlusses durch RSK und SSK.

Für das **RB-Lager** ist im Berichtszeitraum der Antrag zur Baugenehmigung eingereicht worden.

Im Bereich des **Abfall-Lagers (Halle V)** begannen Mitte Mai die Bauarbeiten.

Der **Betrieb** der Restanlagen verlief im Berichtszeitraum ohne Besonderheiten.

Das Mess-Programm zur Überwachung der **Bodenkontamination des Betriebsgeländes** wird gemäß den behördlichen Vorgaben weiter kontinuierlich durchgeführt.

Die Aufrechterhaltung des **Wechselschichtdienstes** aufgrund der verstärkten Bautätigkeiten wird unverändert fortgesetzt.

3. Geplante Weiterarbeit

- Weiterführung der Demontearbeiten der elektro- und verfahrenstechnischen Anlagenteile im Schutzbehälter
- Abschluss der Demontearbeiten am Reaktordach, Beginn Demontage Wasserhochbehälter
- Weiterführung der Vorarbeiten zur Verfüllung des Reaktorbehälters mit Porenleichtbeton

4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Controllingberichte an BMBF, BMF (Bund) und MIWFT (Land)

Sachstandsberichte an BMBF, BMF (Bund) und MIWFT (Land)

5. Kosten

Kosten bisher (von 1987 bis 2006):	265,0 Mio. €
Kosten Januar-Juni 2007:	9,8 Mio. €
Zukünftige Kosten:	<u>123,3 Mio. €</u>
	398,7 Mio. €

Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 % (bis 31.03.2003)
	Bund 70 %, Land 30 % (ab 01.04.2003)

1.3 FZ Karlsruhe

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung von Teilanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)	
Laufzeit des Vorhabens: 1994 bis 2030	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 113,0 Mio. €	Projektleiter: NN

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) ist dem Geschäftsbereich Stilllegung nuklearer Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH zugeordnet. Ihre Aufgabe ist die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und Reststoffen des Forschungszentrums sowie der am Standort vorhandenen Einrichtungen und Anlagen:

- Betriebsabfälle und Reststoffe aus dem Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)
- Abfälle des Europäischen Instituts für Transurane (ITU)
- Betriebsabfälle und Reststoffe aus dem Rückbau der Reaktoren MZFR und KNK
- Landessammelstelle Baden-Württemberg (LSStBW)

Dementsprechend orientieren sich die technische Auslegung sowie die zugehörigen Genehmigungen in erster Linie an den standortbezogenen Entsorgungsaufgaben. Darüber hinaus erbringt die HDB im Rahmen freier Kapazitäten Konditionierungsleistungen für Dritte.

Gegenwärtig werden von der HDB folgende Anlagen betrieben:

- LAW-Eindampfung
- Zementierung
- LAW-Verschrottung
- MAW-Verschrottung
- Geräte-Dekontamination
- Verbrennungsanlage
- Reststofflager
- Zwischenlager für wärmeentwickelnde und nicht wärmeentwickelnde Abfallgebinde
- Freimesslabor
- Radiochemisches Labor

Parallel zum Fortschritt der Rückbauarbeiten bei MZFR und KNK wurden/werden nicht mehr benötigte Anlagen der HDB bereits zurückgebaut. Die gesamte Anlage soll nach Erfüllung ihrer Aufgaben bis zum Jahre 2030 beseitigt werden.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Es fanden weiterhin keine Rückbaumaßnahmen statt.

- MAW-Eindampfanlage, Bau 555
Die weiteren Rückbau-Maßnahmen sind vom Rückbau der alten LAW-Eindampfung (s. u.) abhängig.
- LAW-Eindampfungsanlage I und Zementierung II, Bau 545
Die Planung des Rückbaus wurde im März 2007 erfolgreich abgeschlossen. Ein entsprechendes Gutachten des TÜV liegt vor.

3. Geplante Weiterarbeit

- LAW-Eindampfung I und Zementierung II, Bau 545:
Im Juni 2007 wurde das Ministerium gebeten, das beantragte Genehmigungsverfahren zum Rückbau ruhen zu lassen. Der Grund dafür ist, dass die Anlagen für die Entsorgung des flüssigen SAW aus dem Betrieb der VEK benötigt werden. Nach Ende der Verglasung wird die Wiederaufnahme des Genehmigungsverfahrens beantragt werden; ein entsprechender Genehmigungsentwurf liegt bereits vor.

4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 1994 bis 12/2006):	12,01 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,03 Mio. €
Zukünftige Kosten:	100,96 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK)	
Laufzeit des Vorhabens: 1992 bis 2011	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 301,0 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Brockmann

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage KNK war ein Versuchskernkraftwerk mit 20 MW elektrischer Leistung auf dem Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe. Die Anlage wurde zunächst von 1971 bis 1974 mit einem thermischen Kern als KNK I und dann ab 1977 mit einem schnellen Kern als Schnellbrüterkraftwerk KNK II betrieben.

Das Kühlsystem der KNK war in zwei Primär- und Sekundärkreisläufe aufgeteilt, die mittels Natrium die im Reaktor erzeugte Wärme an die tertiären Wasser-Dampf-Kreisläufe übertrugen. Der dort erzeugte Dampf betrieb einen Turbogenerator.

Die KNK-Anlage wurde im August 1991 abgeschaltet. Das Stilllegungskonzept sieht vor, die Anlage in 10 Schritten gemäss dem folgenden Plan und entsprechend in 10 Stilllegungsgenehmigungen (SG) vollständig abzubauen (grüne Wiese):

1. Abbau Sekundärsysteme, Tertiärsystem, Objektschutz, Blendenverstelleinrichtung, Wechselmaschine; Entsorgung von Brennelementen, Primär- u. Sekundärnatrium (1.- 5. SG)
2. Umstellung der E-Versorgung und Abriss von Gebäuden (6. SG)
3. Verbleibende Arbeiten zum Abbau der Primärsysteme (7. SG)
4. Abbau der Primärsysteme (8. SG)
5. Ausbau Reaktortank und Abbau biologischer Schild (9. SG)
6. Abbau Hilfssysteme, Freimessen u. Abriss der Gebäude bis zur „grünen Wiese“ (10. SG)

Die Rückbauarbeiten im Rahmen der ersten 8 Stilllegungsgenehmigungen sind vollständig abgeschlossen.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Mitte April wurde der Vertrag mit dem Generalunternehmer (GU) für die 9. SG gekündigt. Maßgeblich waren die erneuten Terminverzögerungen und angekündigten Mehrkosten in Paket 1. Nach einer detaillierten Bestandsaufnahme werden seit Anfang Mai die Demontearbeiten in Eigenregie mit den ehemaligen Unterauftragnehmern des GU weitergeführt. Dadurch werden die weiteren Zerlegearbeiten am Reaktortank durch bereits geschultes und erfahrenes Personal fortgeführt und die Kompetenzen erhalten. Teilweise wurden durch den ehemaligen GU für Paket 2 bereits Komponenten bestellt; die Restabwicklung dieser Bestellungen findet nach der Kündigung des Vertrags durch das Forschungszentrum statt, die erforderlichen vertraglichen Vereinbarungen mit den Lieferanten wurden getroffen. Im Rahmen der 9. SG, Paket 1, laufen die Demontearbeiten am Reaktortank. Die Einbauten des Reaktortanks wurden bis auf die Strömungstasse vollständig demontiert, in der Na-Waschanlage ge-

waschen und an die HDB abgegeben. Die parallele Demontage der Rohrdurchführungen sowie der alternative Ausbau des Reaktorflanschs wurden geplant und teilweise durchgeführt.

Ziel der fortlaufenden Planungen zu Paket 2 ist es, sofort nach Ende der Arbeiten zu Paket 1 mit den Umbauten beginnen zu können. Wegen des geänderten Abbaukonzeptes von Paket 2 wurde eine Änderungsanzeige zum Sicherheitsbericht der 9. SG eingereicht. Der Umbau der Einhausung wurde beantragt.

Die Planungsarbeiten (Paket 2) für den Abbruch der Wärmeisolierung und den Ausbau der Primärabschirmung sind abgeschlossen. Die notwendigen Beschaffungen befinden sich in der Ausschreibungsphase bzw. die Ausschreibung wird vorbereitet. Das Hebwerkzeug (Demontage Primärabschirmung) und die Gusskörper für den Teststand sind bestellt. Die Werksabnahme des Manipulators hat stattgefunden. Die Krannachrüstungen im Teststand (MZFR-Maschinenhaus) wurden ausgeführt und die erforderlichen Stahlbühnen (Aufstellung Mock-Up, Betrieb Teststands) sind montiert. Der Schalungstank-Mock-Up befindet sich in der Detailkonstruktion. In der Vorbereitung auf den Ausbau der Na-Austrittsleitungen wurde eine Nachbildung der Rohrdurchführungen angefertigt. Zur Minimierung der Dosisbelastung des Personals wurden die zum Einsatz kommenden Maschinen erprobt und justiert, sowie die manuellen Arbeitsschritte realitätsnah einstudiert. Die Anfragespezifikationen für den Abbau des aktivierten Teils des biologischen Schildes sollen im Herbst 2007 vorliegen.

Die Genehmigung nach § 7 (3) AtG über die Rückholung der 7 Kühlfallen von der HDB zum Zerlegen und Waschen in der KNK gem. Antrag vom März 2004 liegt seit dem 12.01.2007 in Form einer Änderungsgenehmigung zur 9. SG vor.

3. Geplante Weiterarbeit

9. SG (Abbau Reaktortank, Primärabschirmung, Biol. Schild): Paket 1: Abschluss Demontage Reaktortank; Paket 2: Beschaffung/Montage (Manipulator und Werkzeugträger für Abbau Wärmeisolierung, Säge und Hebwerkzeug für Abbau Primärabschirmung); Planung/Beschaffungen für Abbruch Biol. Schild, Umbau Einhausung, Mock-Up, Abbruch restliches Biol. Schild

10. SG (Abbau Restsysteme, Dekontam., Abriss Gebäude): Revision Sicherheitsbericht Kühlfallen: Freigabe Ausführungsbeschreibung, Zerlegen/Waschen 1. Kühlfälle.

4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Brockmann, K.; Minges, J.; Russ, J.; Hübner, B.: Auslegung, Erfahrungen und Status des Rückbaus des Reaktortanks der KNK. 8. Intern. Symp. 'Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle' KONTEC 2007, Dresden, 21.-23.März 2007 *

Brockmann, K.; Minges, J.; Wittenauer, S.; Willmann, F.; Haller, H.; Thiess, J.: Stilllegung KNK, Maßnahme 2: Abbau Wärmeisolierung sowie Ausbau und Zerlegung der Primärabschirmung; Einblicke in Konstruktion und Planung; Ausblicke für die Durchführung. A. a. O.*

Wittenauer, St.; Brockmann, K.; Minges, J.: Stilllegung KNK - Status der Zerlegung des Reaktortanks und Planungsstand der Maßnahmen 2 und 3 der 9. SG. Jahrestagung Kerntechnik 2007, Karlsruhe, 22.-24. Mai 2007; Berlin : INFORUM GmbH, 2007 S. 564-566

5. Kosten

Kosten bisher (von 1992 bis 06/2006):	238,7 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	4,0 Mio. €
Zukünftige Kosten:	58,3 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung des Mehrzweck-Forschungsreaktors (MZFR)	
Laufzeit des Vorhabens: 1985 bis 2010	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 298,0 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Eisenmann

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Mehrzweckforschungsreaktor im Forschungszentrum Karlsruhe war ein schwerwasser-gekühlter und -moderierter Druckwasser-Reaktor (elektrische Bruttoleistung 57 MW_{el}). Von 1965 bis 1984 diente er u. a. als Testreaktor zur Entwicklung von Schwerwasser-Systemen und zur Erprobung von Brennelementen. Neben der Stromerzeugung diente ein Teil der erzeugten Wärme zur Gebäudeheizung. Nach der Abschaltung 1984 wurden die Brennelemente entladen und bis 1987 das Schwerwasser aus der Anlage entfernt. Mit der eigentlichen Stilllegung wurde 1985 begonnen.

Das Stilllegungskonzept sieht die Beseitigung in den folgenden acht Schritten vor, die mit Teilgenehmigungen (SG) abgewickelt werden:

- 1./2. Außerbetriebnahme aller nicht benötigten Systeme, Trocknung aller D₂O-Systeme, Reduzierung der weiterhin benötigten Hilfsanlagen, Abbau der Heizwasserversorgung
3. Demontage der Kraftwerksanlage, der Abwasseraufbereitung, der Notstromanlage und Abriss der Kühltürme
4. Demontage der Reaktorhilfssysteme, Abbau des Sekundärsystems im Reaktorgebäude, Dekontamination des Primärsystems
5. Abbau der Zaunanlage
6. Demontage des Primärsystems und der Reaktorsysteme im Reaktorgebäude
7. Fernbediente Demontage des Reaktordruckbehälters mit Einbauten
8. Dekontamination und Abriss der Gebäude bis zur „grünen Wiese“

Die ersten sechs Schritte sind abgeschlossen. Das Erreichen des Rückbauziels „Grüne Wiese“ ist zum Ende 2010 geplant.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im 1. Halbjahr 2007 wurden für den 7. Stilllegungsschritt (7. SG, Trockenzerlegung 3, Untere Füllkörper (UFK) und RDB-Unterteil (RU) mit Isolierung) insgesamt folgende Arbeiten durchgeführt: Inbetriebsetzung aller für die Zerlegung und Verpackung des RUs mit Isolierung erforderlichen Einrichtungen unter Beteiligung des Gutachters (1. Quartal 2007), Entleeren des Wassers aus dem RDB, wiederkehrende Prüfung am Trag- und Drehring und Reparatur einer Führungsrolle, Anheben des RU mit der Litzenheberanlage und Brennen der Traglochöffnungen, Demontage sowie Verpackung und Transport der Isolierung (Isolierwolle mit Blechmantel und Tragkonstruktion) bis zur 20. KW, Beginn des Rückbaus der Einrichtungen zur Isolierungsdemontage einschließlich Litzenheberanlage.

Die Entscheidung für den Einsatz einer Litzenheberanlage (anstatt der vorgesehenen Hebetraverse) hat sich als richtig erwiesen. Das Abstecken des RUs im Trag- und Drehring wäre mit der Hebetraverse nicht realisierbar gewesen.

Für die Konzeptänderung „Komplettedemontage der RDB-Isolierung“ lagen keine gesicherten Planunterlagen über die Befestigung der Isolierung an der unteren gewölbten Kalotte des RUs vor. Nach dem

ersten Anheben des RUs wurde die Isolierung mittels Kamera inspiziert. Die am Kalottenboden des RUs verankerte Isolierung machte eine weitere Modifizierung des eingesetzten Geräteträgers notwendig.

Für die Konzeptänderungen war ein zusätzlicher Zeitrahmen von ca. 8 Monaten erforderlich. Durch Zweischicht-Betrieb konnten weitere Verzögerungen bei der Trockenzerlegung 3 vermieden werden. Eine genaue Zeitplanung für die Zerlegung des RUs ist derzeit noch nicht möglich, da noch keine Erfahrungen für das Autogenbrennen im Langzeiteinsatz vorliegen. Dem beim autogenen Brennen der Traglöcher am RU aufgetretenen Zusetzen der automatisch abreinigenden Filter konnte durch eine zusätzliche Behandlung der Filter vor dem ersten Einsatz entgegen gewirkt werden. Wie langzeitbeständig dieses Verfahren wirkt, kann erst nach dem Abtrennen des Flanschrings des RUs bewertet werden.

8. SG (Rückbau des aktivierten Teils des Biol. Schilds, Dekontamination und Abriss Gebäude): Die Genehmigung zur Durchführung des 8. Stilllegungsschritts wurde am 31.01.07 inklusive der angepassten Nebenbestimmungen erteilt. Für das beauftragte Abbruchgerät (ABB) wurde die Detailplanung fortgeführt. Aufgrund des hohen technischen Anspruchs zur Führungsgenauigkeit der zugehörigen Anbaugeräte (Universaltrenngerät, Stahlbohrgerät für Inliner) haben sich die Herstell- und Liefertermine verzögert. Die Bestandsfeststellung beim Hersteller des ABBs mit Fräse und Meißel ist erfolgt. Der zu Hilfstätigkeiten erforderliche Master-Slave-Manipulator (MSM) wurde in die Planung integriert und bestellt. Die Anlieferung hat sich aufgrund erforderlicher Nacharbeiten aus der Werksabnahme verzögert.

In Vorbereitung für die Demontage des aktivierten Teils des Biologischen Schildes sind die Fertigungsleistungen für die Teststandeinrichtungen bis auf Restarbeiten abgeschlossen. Die Ausschreibungsunterlagen für die Transport- und Verpackungseinrichtungen werden derzeit erstellt. Die Terminplanung zur 8. SG wird derzeit aktualisiert.

3. Geplante Weiterarbeit

7. SG (Zerlegung RDB mit Einbauten) - Trockenzerlegung Teil 3:

Abschluss RDB-Zerlegung mit Zerlegung des RDB-Unterteils; Baustellenräumung; Revision Betriebshandbuch

8. SG (Rückbau des aktivierten Teils des Biol. Schildes, Dekontamination. u. Abriss Gebäude): Fertigstellung Teststand für Biol. Schild mit Schwerbeton-Dummy u. Erprobung der Einrichtungen; Erstellung Arbeitspläne; Vorbereitende Dekontaminationsarbeiten in Nebengebäuden

4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Prechtel, E.; Eisenmann, B.; Süßdorf, W.: Das Rückbauprojekt Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe (MZFR). Erfahrungen beim Rückbau der Schwerwasser-gekühlten Druckwasserreaktoranlage. Jahrestagung Kerntechnik 2007, Karlsruhe, 22.-24. Mai 2007; Berlin, INFORUM GmbH 2007, S.560-563

5. Kosten

Kosten bisher (von 1985 bis 12/2006):	245,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	2,6 Mio. €
Zukünftige Kosten:	49,5 Mio. €
Geldgeber:	Bund 100 %

1.4 WAK

Zuwendungsempfänger: Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (StiWAK)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1991 bis 31.12.2014	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.045,0 Mio. €	Projektleiter: Dr. Fleisch

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) wurde von 1967 bis 1971 als Pilotanlage zur Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente auf dem Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe errichtet und von der heutigen WAK Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe betrieben. Die WAK wurde nach 20-jähriger Aufarbeitungsphase Mitte 1991 außer Betrieb genommen. In dieser Zeit waren 208 t Kernbrennstoffe bis zu einem maximalen Abbrand von 40 GWd/tU wiederaufgearbeitet worden.

Seit Mitte 1991 läuft das Projekt „Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (StiWAK). Die heutige WAK GmbH hat bis Ende 2005 im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe den Restbetrieb der Anlagen einschließlich der Lagerung der hochradioaktiven Spaltproduktlösung (HAWC) sowie die Stilllegung und den Rückbau aller Einrichtungen und Anlagenteile auf dem WAK-Gelände durchführt. Das Forschungszentrum selbst hat bis Ende 2005 die Errichtung der Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) abgewickelt.

Für die Abwicklung des Gesamtprojektes Stilllegung und Rückbau WAK einschließlich der Errichtung und des Betriebes der VEK ist seit dem 1.1.2006 die WAK Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH allein verantwortlich. Hierzu wurden die genehmigungs-, vermögens- und zuwendungsrechtlichen Voraussetzungen geschaffen. Als Tochter des Bundesunternehmens EWN GmbH ist die WAK GmbH heute institutioneller Zuwendungsempfänger.

Der Rückbau der WAK erfolgt in sechs technisch überschaubaren Schritten:

1. Außerbetriebnahme funktionsloser Systeme im Prozessgebäude: Dieser Schritt ist abgeschlossen.
2. Demontage von Prozesssystemen ohne Fernhantierung, Außerbetriebnahme und Abbau bereits stillgelegter Anlagenteile im Prozessgebäude: Dieser Schritt ist abgeschlossen.
3. Stufenweiser Rückbau aller Einrichtungen im Prozessgebäude unabhängig von der HAWC-Lagerung und HAWC-Entsorgung: Alle Anlagenteile sind ausgebaut. Die Dekontamination der Gebäude-Innenstruktur läuft.
4. Deregulierung von LAVA/HWL und der VEK nach HAWC-Entsorgung: Durch die Außerbetriebnahme von Anlagenteilen und die Anpassung des Betriebshandbuchs sollen die betrieblichen Aktivitäten auf das Niveau eines reinen Rückbauprojektes reduziert und die Restbetriebskosten weiter minimiert werden.
5. Stufenweiser Rückbau von LAVA/HWL und VEK: Dies erfolgt in 10 Rückbaubereichen (RB), die jeweils einzeln zu genehmigen sind. Die Errichtung des HWL-Anbaus Süd (RB 5.1) sowie die fernhantierte Demontage der MAW-Behälter mit HWL, Raum 6 (RB 5.2) sind genehmigt.
6. Konventioneller Abriss der Gebäude und Rekultivierung des Geländes.

Vor der Durchführung der Schritte 4, 5 und 6 müssen ca. 60 m³ HAWC ($9 \cdot 10^{17}$ Bq β^- , γ -Strahler und $8 \cdot 10^{15}$ Bq α -Strahler) in 2008/2009 in der VEK entsorgt werden.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Rahmen der *HAWC-Entsorgung* wurde die Inbetriebnahme des Verglasungssystems sowie der nassen und trockenen Abgasstrecken durchgeführt. Am 03. April 2007 wurde der kalte Verbundbetrieb der Gesamtanlage mit HAWC-Simulat aufgenommen. Im Berichtszeitraum befand sich die Anlage 92 Tage in Betrieb, wobei ca. 16 m³ HAWC-Simulat durchgesetzt wurden und 29 Kokillen mit einem Gesamtgewicht von 11,7 Mg Glasprodukt produziert wurden. Nach einer ersten Betriebsphase wurde die Anlage am 13.05.2007 in den Stillstandsbetrieb überführt. Die Erkenntnisse aus dieser Phase haben zu Anpassungen an der Anlage geführt. Die Anlage wurde am 30.05.2007 für die Betriebsphase II wiederum angefahren.

Für die *Kalthandhabung des CASTOR-Behälters* wurden die erforderlichen Unterlagen (Masterablaufplan, behälterspezifische Ablaufplan) erarbeitet und nach Begutachtung freigegeben. Der Ablaufplan umfasst die gesamte Abwicklung von der Beladung bei VEK bis zur Handhabung im ZLN. Die ersten Funktionstests wurden bereits erfolgreich durchgeführt.

Die *Rückbauaktivitäten im Prozessgebäude* wurden mit dem Ausbau von Asbestdurchführungen und Kabeldemontagen in der Wasserbeckenhalle fortgesetzt. Bis Ende des Jahres sollen ca. 65 Mg Demontagegut ausgebracht werden.

Die *Arbeiten zum Schritt 5* wurden mit der Installation der Strahlenschutzinstrumentierung im HWL-Anbau Süd (RB 5.1), einer Änderungsanzeige für die Durchführung einer Inspektion und eines Spülversuchs (Ablösung von Kontamination auf Kühlschlangen) im HAWC-Behälter, der Ertüchtigung der vorhandenen Werkzeuge für die fernhantierte Demontage und Vorbereitungen zum RB 5.2 (Rückbau MAW-Behälter in Raum 6) fortgeführt. Zu den revidierten Antragsunterlagen zum RB 5.3 (Rückbau der HAWC-Behälter in LAVA und HWL) wurde die Wiederaufnahme der Begutachtung gestartet.

3. Geplante Weiterarbeit

WAK-Rückbau:

Schritt 3: Nach wie vor bilden folgenden Schritte die Schwerpunkte des Arbeitsprogramms 2007: die radiologische Bestandsaufnahme des Prozessgebäudes, die umfangreiche Demontage von Kabeltrassen und Kabeln im PG, die Dekontamination des R164 Brennelementlagerbeckens und die Demontage von außer Betrieb genommenen Lüftungskomponenten.

Schritt 4: Fortsetzung der Begutachtung der Antragsunterlagen und der Detailplanung.

Schritt 5: Für den Beginn der fernhantierten (FH-) Demontagen an den MAW-Behältern im HWL, Raum 6 in 2008 erfolgen die Vorbereitungen wie: Durchführung der Geräteerprobung, Personalschulung und Beschaffung von Geräten. Des Weiteren wird die laufende Begutachtung für die FH-Demontage der HAWC-Behälter im HWL und der LAVA fortgeführt und mit der Genehmigungsplanung für die FH-Demontage der Einrichtungen in den Zellen L3, L4 und L5 in der LAVA begonnen.

VEK:

Abschluss der Begutachtung und Erteilung der 2. TBG; Herstellung der Heißen Anschlüsse und Heißer Betrieb nach Vorlage der Betriebsgenehmigungen; Durchführung der Kalthandhabung eines Castor-Behälters.

4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 07/1991 bis 12/2006):	1.284,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	30,4 Mio. €
Zukünftige Kosten:	729,7 Mio. €
Geldgeber:	Bund 91,8 %, Land 8,2 %

1.5 THTR 300

Zuwendungsempfänger: Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH, Siegenbeckstraße 10, 59071 Hamm	
Vorhabensbezeichnung: Geordnete Restabwicklung des Projektes THTR 300	
Laufzeit des Vorhabens: 1997 bis 2009	Berichtszeitraum: <i>Jahresbericht 2006</i>
Gesamtkosten des Vorhabens: 94,5 Mio. €	Projektleiter: Dr. G. Dietrich

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Anlage THTR 300 war als Prototyp für Kernkraftwerke mit Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor errichtet worden. Sie war ein mit Helium gekühlter grafitmoderierter Reaktor mit kugelförmigen keramischen Betriebs-elementen. Es handelte sich um eine Zweikreisanlage, bestehend aus einem Helium-Primärkühlkreislauf mit nachgeschaltetem Wasserdampfkreislauf und trockener Rückkühlung. Zum 1. September 1989 wurde der Beschluss zur Stilllegung der Anlage und Überführung in den sicheren Einschluss gefasst. In der Zeit von September 1989 bis September 1997 wurde das Genehmigungsverfahren zur Stilllegung, die Reaktorkernentladung und die Herstellung des sicheren Einschlusses durchgeführt. Zum 01.10.1997 wurde der Erhaltungsbetrieb der sicher eingeschlossenen Anlage THTR 300 aufgenommen.

Die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 besteht noch aus den Gebäuden

- Reaktorhalle
- Reaktorbetriebsgebäude
- Reaktorhilfsgebäude

mit den darin vorhandenen Anlagenteilen sowie

- dem Meldepult, aufgestellt beim Hauptpförtner des benachbarten Kraftwerkes Westfalen der RWE Power AG
- den Übertragungswegen für leittechnische Signale von den Gebäuden der sicher eingeschlossenen Anlage zum Meldepult
- der Tiefendrainage im Erdreich, außen um die Gebäude verlegt
- dem temporär einzurichtenden Umladebereich außerhalb der Gebäude für die Umladung von Transport- und Lagerbehältern

Alle übrigen baulichen Anlagen und Anlagenteile des Kernkraftwerkes THTR 300 wie das Maschinenhaus, das Elektroanlagegebäude, die Notstromdieselanlage, die Trafoanlagen, die Zellenkühltürme, die über- und unterirdischen Verbindungen u.s.w. wurden aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen. Die Brennelemente sind aus der Anlage THTR 300 abtransportiert worden. Lediglich innerhalb des Spannbetonreaktordruckbehälters befindet sich noch ein durch Entladung technisch nicht entfernbarer Rest von < 2,5 kg.

Es bestehen keine Anforderungen mehr auf Grund der nuklearen Sicherheit, des Reaktorbetriebes oder des Umganges mit Kernbrennstoffen. Alle während des Leistungsversuchsbetriebes druck- und aktivitätsführenden Anlagenteile sind drucklos, kalt und dauerhaft verschlossen, so dass auf Grund von betriebs- oder verfahrenstechnischen Bedingungen praktisch keine Möglichkeit mehr für eine Freisetzung radioaktiver Stoffe besteht. Da der Reaktorkern leer ist und die Brennelemente vom Standort entfernt sind, ist insbesondere Kritikalität ausgeschlossen. Die Rückhaltung radioaktiver Stoffe geschieht weitgehend passiv als sicherer Einschluss. Auch sind keine Sofortmaßnahmen mehr erforderlich, um die Rückhaltung radioaktiver Stoffe in der Anlage sicherzustellen.

Die Dauer des sicheren Einschlusses ist zunächst für 30 Jahre vorgesehen. 10 Jahre vorher ist die Entscheidung zu fällen, ob der sichere Einschluss fortgesetzt wird oder die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 endgültig beseitigt werden soll. Im Erhaltungsbetrieb werden Einrichtungen betrieben, die der Erhaltung und Überwachung des sicheren Einschlusses dienen. Er umfasst ständige und nichtständige Tätigkeiten und Maßnahmen.

Ständige Tätigkeiten oder Maßnahmen sind:

- die Unterdruckhaltung im ständigen Kontrollbereich
- die Trocknung der Luft im ständigen Kontrollbereich, so dass unzulässige Korrosionsschäden an den Anlagenteilen des sicheren Einschlusses vermieden werden
- die Überwachung der Fortluft im Zusammenhang mit der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
- die Haltung des Schichtenwasserniveaus
- die Überwachung des Betriebes von Einrichtungen

Nichtständige Tätigkeiten oder Maßnahmen sind:

- die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen
- der Abbau von Anlagenteilen
- die Rücknahme von radioaktiven Abfällen, die aus der Anlage THTR 300 stammen
- die Lagerung von verpackten radioaktiven bearbeiteten und nicht bearbeiteten Abfällen oder Anlagenteilen, die aus der Anlage THTR 300 stammen
- die Umladung von Transport- und Lagerbehälter
- die Kontrolle des gesammelten Abwassers und seine Abgabe

Für diese Tätigkeiten sind gegebenenfalls Zustimmungen der Aufsichtsbehörde oder eventuell separate Genehmigungen einzuholen.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Das Berichtsjahr 2006 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

- das 17. Jahr nach der Abschaltung
- das 11. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns
- das 9. Jahr des sicheren Einschlusses.

Die Verfügbarkeit der lufttechnischen Anlagen und der Fortluftbilanzierungseinrichtungen, für die eine Mindestverfügbarkeit mit der Genehmigung für den Erhaltungsbetrieb vorgegeben wurden, liegen weit über den geforderten Mindestwerten. Mit der Durchführung des Erhaltungsbetriebes sind zwei fest angestellte technische Mitarbeiter der HKG betraut.

Im Berichtsjahr 2006 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2006 fiel in der sicher eingeschlossenen Anlage kein zu entsorgendes Abwasser an und somit trat auch keine Aktivitätsabgabe in die Umgebung über diesen Pfad ein.

Die Aktivitätsableitungen mit der Fortluft sind im Vergleich mit dem Vorjahr praktisch konstant. Die genehmigten Ableitungsgrenzwerte wurden weit unterschritten.

Eine Belastung der Umgebung durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus der sicher eingeschlossenen Anlage THTR 300 fand – wie auch in den Vorjahren – praktisch nicht statt. Die Messergebnisse weisen im wesentlichen Werte unter der Nachweisgrenze aus.

Die seit 1999 im Brennelementzwischenlager Ahaus laufenden Nacharbeiten an den dort eingelagerten Castor THTR/AVR-Behältern zur Beseitigung von Korrosionsschäden sind abgeschlossen, alle 305 Behälter sind überarbeitet und stehen wieder an ihrem Lagerstandplatz. Im Laufe des Jahres 2006 ist auch der Austausch von Tragzapfenbefestigungsschrauben an 108 der 305 Behälter auf Grund neuer Auslegungsvorschriften für das zulässige Anzugsmoment dieser Schrauben fertig gestellt worden.

3. Geplante Weiterarbeit

Für die kommenden Jahre sind weitere Ausbaumaßnahmen von Anlagenteilen, die für den Erhaltungsbetrieb oder für den späteren Abbau der Anlage THTR 300 nicht erforderlich sind, vorgesehen. Dies betrifft u. a. die Kälteanlagen, Armaturen, Pumpen, Motore und Messumformer. Teile des Geländes werden für eine anderweitige konventionelle Nutzung vorgesehen, sofern diese Aktivitäten rückwirkungsfrei auf die sicher eingeschlossene Anlage sind.

4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Keine

5. Kosten

Restmittel für die Projektlaufzeit:

56 Mio. €

Geldgeber:

Bund, Land NRW, Gesellschafter der HKG

1.3 Schachtanlage Asse

Zuwendungsempfänger: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg	
Vorhabensbezeichnung: Schließung der Schachtanlage Asse (ehemals: Fortsetzung der Verfüllung der Südflanke der Schachtanlage Asse)	
Laufzeit des Vorhabens: 1993 bis 2017	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 776 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Kappei

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die während der Zeit der Salzgewinnung zwischen 1916 und 1964 im Jüngerer Steinsalz auf der Südflanke des Asse-Sattels entstandenen Abbaukammern zwischen der 750- und 490-m-Sohle haben nach der Einstellung der Einlagerung radioaktiver Abfälle Ende 1978 und der Beendigung der FuE-Arbeiten seit Mitte 1995 keine Verwendung mehr. Aufgrund von Empfehlungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe als Gutachter der Bergbehörde werden diese Hohlräume zur langfristigen Stabilisierung des Grubengebäudes seit August 1995 mit Rückstandssalz der Halde des ehemaligen Kalibergwerkes Ronnenberg bei Hannover verfüllt.

Für eine weitere Nutzung der noch verbleibenden Hohlräume in der Schachtanlage Asse, z. B. für die Durchführung von FuE-Arbeiten, besteht mittlerweile kein Bedarf mehr. Das bedeutet, dass die Schließung der Schachtanlage Asse herbeizuführen ist.

Die Schließung des Bergwerkes erfolgt auf der Grundlage des Bundesberggesetzes. Als Voraussetzung dafür ist dem Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld ein Abschlussbetriebsplan vorzulegen, dem ein Sicherheitsbericht beizufügen ist, der den Nachweis der Langzeitsicherheit für die Anlage enthält.

Sämtliche auf der Schachtanlage Asse noch durchzuführenden Arbeiten erfolgen im Rahmen einer Bundesbaumaßnahme. Deshalb wurde die bereits bestehende Baumaßnahme „Fortsetzung der Verfüllung der Südflanke der Schachtanlage Asse“ inhaltlich erweitert und in die Baumaßnahme „Schließung der Schachtanlage Asse“ überführt.

Diese Baumaßnahme untergliedert sich in 18 Teile:

- Teil 1: Baustelleneinrichtung beim Lieferanten des Versatzmaterials
- Teil 2: Umbaumaßnahmen am Gleisanschluss
- Teil 3: Baustelleneinrichtung auf der Schachtanlage Asse
- Teil 4: Bergmännische Erstellung von Strecken und Bohrungen
- Teil 5: Geotechnische Instrumentierung für die Überwachung
- Teil 6: Verfüllmaßnahme und baubegleitende Überwachung
- Teil 7: Rückbau der Baustelleneinrichtung
- Teil 8: Bauleitung
- Teil 9A: Arbeiten zur Gewährleistung der Standsicherheit während der Betriebsphase
- Teil 9B: Arbeiten als Voraussetzung zur Erstellung des Langzeitsicherheitsnachweises für die Schachtanlage Asse
- Teil 10: Arbeiten gemäß zugelassenem Rahmenbetriebsplan „Zukünftige Arbeiten auf der Schachtanlage Asse“
- Teil 11: Personal
- Teil 12: Infrastrukturelle Aufwendungen Asse
- Teil 13: Resthohlraumverfüllung
- Teil 14: Geotechnische und hydrogeologische Überwachung der Resthohlraumverfüllung
- Teil 15: Rückbau unter Tage
- Teil 16: Rückbau, Verfüllung und Verschluss der Tagesschächte
- Teil 17: Verfüllung der Tagesbohrungen
- Teil 18: Infrastrukturelle Leistungen der GSF

2. Stand des Projektes

Projekt Langzeitsicherheit

Der Sicherheitsbericht wurde in einer Fassung für die breite Öffentlichkeit zum 15.12.2006 fertig gestellt. Am 29.01.2007 wurden der Abschlussbetriebsplan mit dem Sicherheitsbericht sowie 33 Prüfunterlagen der Bergbehörde zur Prüfung und Zulassung vorgelegt. Das Genehmigungsverfahren ist damit eröffnet.

Die Bergbehörde hat im März eine erste Stellungnahme zu den vorgelegten Unterlagen abgegeben. Danach sind der Abschlussbetriebsplan und der Sicherheitsbericht zu überarbeiten. Stellungnahmen der Behördengutachter zu den Prüfunterlagen stehen noch aus. Die Unterlagen wurden aber bereits als prüffähig eingestuft.

Resthohlraumverfüllung und Verfüllung des Tiefenaufschlusses

Die im April 2004 begonnene Verfüllung des Tiefenaufschlusses unterhalb der 775-m-Sohle wurde fortgesetzt. Verwendet wird dabei im Wesentlichen eigenes Salzhautwerk, welches bei Streckenauffahrungen und/oder Bebearbeiten anfällt.

Im Berichtszeitraum wurden

- auf der 950-m-Sohle rund 3.000 Tonnen Salzhautwerk und etwa 550 Tonnen Diabas-Schotter eingebaut,
- die 900-m-Sohle mit rund 3.400 Tonnen Salzhautwerk weiter versetzt,
- auf der 850-m-Sohle rund 1.500 Tonnen Salzhautwerk eingebaut,
- in den Kavernenhals am Ende von Schacht 4 sowie im Bereich des Kavernenhalsfundamentes ca. 570 Kubikmeter Sorelbeton eingebracht,
- sowie auf der 800-m-Sohle im Widerlager WL-800-9 rund 2.000 Kubikmeter Sorelbeton eingebaut.

Einbringen von Schutzfluid

Von Februar bis April 2007 wurden insgesamt rund 1.500 Kubikmeter Schutzfluid über eine Bohrung in den zuvor trocken verfüllten Tiefenaufschluss unterhalb der 925-m-Sohle eingeleitet.

Aufgefangene Steinsalzlösung

Im Grubengebäude wurden weiterhin täglich rund 12 Kubikmeter gesättigte Steinsalzlösung aufgefangen: rund 10,5 Kubikmeter davon im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Lösung sind unverändert. Seit Juni 2005 wird die Lösung nach über Tage gepumpt und abtransportiert. Bisher wurden so rund 14.000 Kubikmeter Steinsalzlösung aus der Schachanlage Asse herausgefördert.

Strömungsbarrieren und „Stützender Versatz“

Rund 4.500 Kubikmeter Sorelbeton wurden zur Resthohlraumverfüllung auf der 750-m-Sohle eingebracht, rund 1.600 Kubikmeter bei der Errichtung der ersten Strömungsbarriere auf der 775-m-Sohle eingebaut und etwa 1.750 Kubikmeter zur Erstellung von Widerlagern auf der 750- und der 775-m-Sohle eingesetzt.

Mit den Nachschneidearbeiten zur Entfernung der Auflockerungszone im Bereich der zweiten Strömungsbarriere auf der 775-m-Sohle wurde im Mai 2007 begonnen.

Sonstige Arbeiten unter Tage

Im November 2006 erfolgte die Inbetriebnahme der Containerbefüllanlage auf der 700-m-Sohle. Im Schacht Asse 2 wurden weitere Rohrleitungen zwischen der Rasenhängebank und der 490-m-Sohle eingebaut. Die Leitungen werden in Zukunft als weitere Schutzfluid- bzw. Baustoffleitung genutzt werden. Im Februar 2007 wurde die flexible mittlere Baustoffanlage in Betrieb genommen.

Projekte in Arbeit und in Planung

Um die Arbeiten zur Schließung der Schachanlage noch effizienter durchführen zu können, wurden Projekte für die Maßnahmen „Bau der Strömungsbarrieren“, „Einbau von Mg-Depots“, „Rückbau und Verfüllung der Schächte“, „Resthohlraumverfüllung“ und „Schutzfluideinleitung unter Druckluft“ eingerichtet. Ihre Koordinierung erfolgt nach den Prinzipien des Multiprojektmanagements im Bereich Technische Planung, Bau, Rechnungswesen.

Wegen der gebirgsmechanischen Situation werden bis 2014 etwa 250.000 Kubikmeter mehr, das ist doppelt soviel wie ursprünglich veranschlagt, Sorelbeton in das Grubengebäude eingebaut. Um den dafür nötigen Baustoff herstellen zu können, ist eine zweite Baustoffanlage nötig. Die Ausschreibungsunterlagen für diese Anlage wurden im Berichtszeitraum erstellt.

U. a. auch wegen der zu steigenden Baustoffproduktion ist eine nennenswerte Aufstockung des Personals am Forschungsbergwerk Asse nötig. Der damit verbundene Ausbau der Infrastruktur ist in der Planungsphase:

- Nach Klärung genehmigungs- und zuwendungsrechtlicher Fragen zum Neubau eines kombinierten Büro-/Kauengebäudes wurde mit der Ausschreibungsplanung begonnen.
- Zur Erweiterung der Parkplatzfläche wurden Verhandlungen mit der Samtgemeinde Asse über einen Grundstückskauf aufgenommen.
- Mit der Planung eines Magazinneubaus für die zentrale Ersatzteilhaltung der schließungsspezifischen Anlagentechnik wurde begonnen.

Die Gebäudeinvestitionen werden von 2007 bis 2010 mit rund 6,1 Mio. € veranschlagt.

Im Berichtszeitraum wurde der 5. Nachtrag zur EW-Bau fertig gestellt. Es ergeben sich bis zum Jahr 2017 Mehrkosten in Höhe von rund 307 Mio. € gegenüber der im 4. Nachtrag zur Haushaltsunterlage-Bau genannten Summe von 469 Mio. €.

Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung

Schwerpunkte der Arbeiten im Strahlenschutz sind die Überwachung der Aerosolaktivitätskonzentration (Radon-Folgeprodukte) in der Grubenluft und die radiologische Überwachung der zutretenden Salzlösung auf der 750-m-Sohle in der Nähe der Einlagerungskammern.

Die Ermittlung des Abfallinventars ist abgeschlossen. Die Abschlussberichte wurden der Behörde als prüffähige Unterlagen übergeben.

Die Strahlenschutzmessungen im Bereich der Schachtanlage Asse umfassen die Überwachung der Umweltradioaktivität sowie die betrieblichen Maßnahmen zum Schutz von Belegschaft und Bevölkerung. Diese Messungen wurden wie in den vergangenen Jahren fortgeführt. Über die Ergebnisse der Arbeiten wird der Bergbehörde in regelmäßigen Abständen berichtet. Darüber hinaus werden die wichtigsten Daten der betrieblichen Überwachung sowie die im Rahmen der betriebsinternen Umgebungsüberwachung ermittelten Messergebnisse in den Jahresberichten „Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse“ veröffentlicht.

1.7 Projekt MAREN bei GKSS

Zuwendungsempfänger: GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Postfach 11 60, 21494 Geesthacht	
Vorhabensbezeichnung: Entsorgung radioaktiver Reststoffe (Projekt MAREN-1)	
Laufzeit des Vorhabens: 2002 bis 2012	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtkosten des Vorhabens: 36,8 Mio. €	Projektleiter: N. Stehr

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

GKSS Forschungszentrum GmbH ist Betreiber des Forschungsreaktors FRG-1 und der Landes-sammelstelle für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle. In der Zuständigkeit von GKSS befinden sich außerdem Teile des stillgelegten Forschungsreaktors FRG-2 sowie die in Zwischenlagerung befindlichen radioaktiven Komponenten des stillgelegten Kernenergieforschungsschiffes NS Otto Hahn (OH).

Die aus dem Betrieb der kerntechnischen Anlagen angefallenen und anfallenden radioaktiven Reststoffe und Abfälle unterliegen im Rahmen des Projektes MAREN-1 der Sammlung, Bilanzierung, Konditionierung und Zwischenlagerung bis zur späteren Entsorgung in ein Endlager. MAREN-1 trägt dazu bei, die gesetzlichen Vorgaben zur Verwertung radioaktiver Reststoffe und Beseitigung radioaktiver Abfälle zu erfüllen. Durch zeitnahes Abfallmanagement werden bei absehbarer Teuerung Kosteneinsparungen erwartet und erforderliche Zwischenlagerkapazität geschaffen.

Die zu MAREN-1 zählenden Arbeitspakete gliedern sich in die 3 Gruppen:

- I. Schwach- und mittelradioaktive Reststoffe und Abfälle
 - OH feste LAW / MAW (221, 222)
 - FRG feste LAW / MAW (231, 232)
 - FRG flüssige Abfälle (236)
- II. Kernbrennstoffe und zugehörige Reststoffe
 - OH bestrahlte Versuchsbrennstäbe (223)
 - OH-HAWC bei WAK (224)
 - FRG, Rücknahme von Abfällen aus Dounreay (233)
 - FRG, Entsorgung BE (235)
- III. Administrativer Bereich, bauliche Maßnahmen (227, 237, 238, 239)

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Während des Berichtszeitraumes wurden folgende Arbeiten mit Priorität abgewickelt:

- Konditionierung feste radioaktive Abfälle (221, 231)

Konditionierungsarbeiten, Verbrennung und Verpressung der FRG- und OHA- Abfälle sowie Analysen und ggf. Trocknung der bereits konditionierten Gebinde bei FZK/HDB und zugehörige Sachverständigentätigkeit sowie Dokumentation, vorbereitende Arbeiten Mengenerhöhung und Rückführung abgefertigter Gebinde

- Entsorgung FRG- Brennelemente
Erweiterung GNS-16-Zulassungsschein als Voraussetzung für die Entsorgung von HEU- Miniplatten
- Aufarbeitung bestrahlter OH-Versuchsbrennstäbe (223)
Planung und Antragserstellung zur Fertigung bzw. Einsatz einer Kapsel für den Transport und die Zwischenlagerung. Anlagentechnische Ertüchtigungsmaßnahmen für die Handhabung der Brennstäbe
- Rücknahme Dounreay (233)
Verfahrensqualifikation Produktherstellung
- Erstellung eines technischen Konzepts zum Rückbau kerntechnischer Einrichtungen unter Beachtung des Stands von Wissenschaft und Technik (240)
- Längerfristige Zwischenlagerung (227, 237, 238, 239)
Weitere Abwicklung notwendiger Wartungs- und Infrastrukturmaßnahmen (Wartung / Instandhaltung im Heißen Labor, Vorbereitung Rückbau Bleizellen im Heißen Labor, Sachverständigentätigkeit). Restarbeiten Demontage Kühlturm FRG2.

3. Geplante Weiterarbeit

- Konditionierung LAW (221, 231): Verbrennung, Einschmelzung FRG- und OH-Abfälle, HD-Verpressung, Durchführung der restlichen Konditionierungsarbeiten, Rückführung abgefertigter Gebinde, Datenübertragung Dokumentation, Mengenerhöhung;
- Betriebsabwässer (236): Abtransport betrieblicher Abwässer zur Konditionierung bei FZJ;
- OH-Brennstäbe (223): Vorbereitende Arbeiten für die Zwischenlagerung;
- Konditionierung MAW (221, 231, 232): Datenzusammenstellung, Konzept- und Informationsbearbeitung, Koordinierung;
- Erstellung eines technischen Konzeptes zum Rückbau kerntechnischer Einrichtungen unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik (240);
- Längerfristige Zwischenlagerung, bauliche Maßnahmen (227, 237, 238, 239): Bereitstellung erforderlicher Infrastrukturmaßnahmen, Gewährleistung der sicheren Zwischenlagerung, Demontage Bleizellen im Heißen Labor.

4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Keine

5. Kosten






Kosten bisher (seit 01/2002):	18,0 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,7 Mio. €
Zukünftige Kosten:	18,1 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Länder 10 %

2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

2.1 Fördervorhaben

02 S 7951	Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren	TU München	 38
02 S 8011	Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)	Siempelkamp Gieserei, Krefeld	 40
02 S 8021	Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III)	BAM, Berlin	 42
02 S 8142	Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger	TU München	 44
02 S 8172	Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)	STEAG encotec GmbH, Essen	 46
* 02 S 8203	Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt	 48
* 02 S 8213	Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen	Universitätsklinikum Düsseldorf	 50
* 02 S 8223	Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette	Universität Friedriciana zu Karlsruhe (TH)	 52
* 02 S 8254	Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen	Universitätsklinikum Essen	 54
* 02 S 8264	Anpassung einer Ionen-Mikrostrahleinrichtung für Untersuchungen zur Dynamik von geschädigten DNA-Regionen und zur Rekrutierung von Reparaturfaktoren	Ludwig-Maximilians-Universität München	 56
02 S 8274	Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße	Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin	 58
02 S 8284	Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern	Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover	 60

02 S 8294	Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge	Friedrich-Schiller-Universität Jena	 62
02 S 8305	Abbruch massiver Betonbauwerke der Energietechnik	Universität Friedriciana zu Karlsruhe (TH)	 64
02 S 8315	Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen	Forschungszentrum Jülich GmbH	 66
02 S 8325	Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen	TU München	 68
* 02 S 8335	Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung	Universität des Saarlandes	 70
* 02 S 8345	Aufbau eines Systems isogener stabil diploider humaner Zelllinien mit gezielt durch RNA-Interferenz ausgeschalteten Genen zur Analyse des Zusammenhanges von DNA-Reparaturdefizienz, genomischer und chromosomaler Instabilität	Ludwig-Maximilians-Universität München	 72
* 02 S 8355	Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt	 74
02 S 8356	Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung	TU Dresden	 76
02 S 8366	Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-	Siempelkamp Nukleartechnik, Krefeld	 78
02 S 8376	Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren	TU München	 80
02 S 8386	Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-	Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover	 82
02 S 8396	Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt	Friedrich-Schiller Universität Jena	 84

02 S 8406	Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz	SGE Spezialgeräteentwicklung GmbH, Dresden	 17
* 02 S 8416	Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin	Eberhard-Karls-Universität Tübingen	 88
* 02 S 8427	Genomische Instabilität durch Doppelstrangbrüche: Bedeutung des Singlestrand annealing	Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf	 90
02 S 8437	Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen	Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover	 92
02 S 8447	Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen	BÜDIAM Diamantwerkzeuge, Eschenburg	 94

*** Strahlenforschungsvorhaben**

2.2 Formalisierte Zwischenberichte

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstraße 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 7951
Vorhabensbezeichnung: Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2001 bis 31.12.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.851.182,94 EUR		Projektleiter: Dr. Lierse von Gostomski

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist eine genaue Inventarisierung und Charakterisierung von Beryllium und Cadmium in deutschen Forschungsreaktoren, insbesondere hinsichtlich des enthaltenen radioaktiven Inventars. Für enthaltenes Tritium sollen Freisetzungsszenarien dargestellt und Konditionierungskonzepte entwickelt werden, welche geeignete Rückhaltungsmöglichkeiten für das radioaktive Inventar beinhalten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Klare Beschreibung des Entsorgungsproblems für Be und Cd-Bauteile aus deutschen Forschungsreaktoren mit Bestandsaufnahme und Charakterisierung der in Deutschland mit Neutronen bestrahlten und zur Entsorgung anstehenden Materialmengen.
2. Bestimmung des radioaktiven Inventars, zunächst durch Abschätzungen auf Basis von Spezifikationen der Material-Hersteller und von Betreiberangaben zu Neutronen-Fluenz und –Energiespektren, anschließend mittels zerstörungsfreier und invasiver Messverfahren an realen Proben aus dem Forschungsreaktor Garching FRM.
3. Experimentelle Bestimmung der Freisetzung von Tritium aus realen Be-Proben unter den Bedingungen eines bestimmungsgemäßen Lagerbetriebs (Zwischen- und Endlager) und des Störfalles „Brand“.
4. Entwicklung geeigneter Techniken zur Rückhaltung von Tritium aus Be.
5. Quantitative Darstellung von Szenarien zur Freisetzung radioaktiver Stoffe unter gegebenen Zwischen- und Endlagerbedingungen.
6. Entwicklung eines integrierten Handhabungs- und Verpackungskonzepts für Be- und Cd-Teile und nach Möglichkeit Erprobung im heißen Betrieb (Miniaturmaßstab)
7. Validierung der Tritium-Freisetzung durch Messungen des mit allen Be-Reflektoren beladenen Behälters.
8. Ergänzende Modell-Rechnungen zum Temperaturverlauf im Behälter.
9. Durchführung von vergleichenden Löslichkeitsuntersuchungen an unbestrahltem und an bestrahltem Beryllium.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Mit den Temperaturberechnungen für den Störfall Brand für das revidierte Beladungskonzept des MOSAIK-Gussbehälters wurde begonnen. Hierzu wurden mit dem CFD-Programm ANSYS CFX-11 erste Rechnungen für einen halb- und einstündigen Brand bei einer Temperatur von 800 °C durchgeführt. Gegenüber den vorausgegangenen Rechnungen wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Anpassung und Verfeinerung der geometrischen Verhältnisse an das revidierte Verpackungskonzept
- Berechnung der Temperaturverhältnisse für einen liegenden Gussbehälter
- Zusätzliche Berücksichtigung der Wärmestrahlung innerhalb des Gussbehälters
- Zusätzliche Berechnung der Temperaturverhältnisse für einen halbstündigen Brand nach den Vorgaben der GGVSE

Aufgrund der liegenden Position des Gussbehälters haben wir bei den Rechnungen den Kontakt eines Berylliumreflektorelements mit der Innenseite des MOSAIK-Deckels berücksichtigt. Dies führt im Vergleich zu den vorausgegangenen Rechnungen grundsätzlich zu einer höheren Temperatur des Berylliums. Die Temperaturen sind konservativ zu betrachten, da das Kopfstück in den ersten Rechnungen als massives Aluminiumstück berücksichtigt wird.

Nach dem Ende eines halbstündigen Brandes werden für Beryllium Temperaturen bis maximal ca. 80 °C berechnet. Die Temperatur der Bleiabschirmung des Gussbehälters liegt deutlich unter 300 °C, so dass demzufolge ein Schmelzen des Bleis nicht zu erwarten ist.

Nach dem Ende eines einstündigen Brandes werden für Beryllium Temperaturen bis maximal ca. 210 °C berechnet. Für die Bleiabschirmung werden punktuell Temperaturen bis 370 °C berechnet, so dass entsprechend den vorausgegangenen Rechnungen ein Schmelzen der Bleiabschirmung nicht sicher ausgeschlossen werden kann.

4. Geplante Weiterarbeiten

In Bezug auf die Temperaturberechnungen sind für den halb- und einstündigen Brand die Abkühlphasen zu berechnen. Des Weiteren sind ggf. weitere Modell-Verfeinerungen der geometrischen Verhältnisse (z. B. Kopfstück des Be-Reflektorelements, Einsatzkorb) vorgesehen.

Validierung der H-3-Freisetzung durch Messungen am beladenen Behälter, die aufgrund von Verzögerungen noch nicht begonnen werden konnte (Anbringung der Instrumentierung, Probenahme, H-3-Analyse).

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Giesserei GmbH, Siempelkampstraße 45, 47803 Krefeld		Förderkennzeichen: 02 S 8011
Vorhabensbezeichnung: Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 31.03.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.609.850,00 EUR		Projektleiter: Dr. Bounin

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau kerntechnischer Anlagen werden in Zukunft vermehrt radioaktive metallische Reststoffe anfallen, die von einer konventionellen Wiederverwertung ausgeschlossen sind. In den abschließenden Untersuchungen (FORM III) wird die Abhängigkeit der Werkstoffeigenschaften von der chemischen Zusammensetzung bei der Reststoffverwertung statistisch abgesichert. Darüber hinaus werden Gusskörper (Hohlprofile) mit erhöhtem Recyclinganteil gefertigt, welche die Großausführungen der in Frage kommenden Behälter repräsentativ abdecken. Zur Bestimmung der Sicherheitsreserven werden Serien von Fallversuchen gezielt bis zum Versagen durchgeführt. Der Werkstoff wird hinsichtlich höherer Bruchzähigkeit weiterentwickelt. Zylindrische Gussbehälter und Gusscontainer Typ VII mit künstlichen Kerben werden in Fallversuchen nach Anforderungen der ABK II geprüft (5 m-Fall bei -20° C).

Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, als Zuwendungsempfänger des Vorhabens "Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III)", Förderkennzeichen: 02 S 8021.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- I. Werkstofftechnische Untersuchungen an Probenplatten: Ermittlung statischer Kennwerte und Gefügeuntersuchungen für Einflussgrößenberechnung. Einfluss Kerben auf Bruchzähigkeit.
- II. Bruchmechanische Werkstoffbewertung unter Störfallbedingung. Fertigung 2 Behälter-Dummies (Hohlprofile) aus FORM-Werkstoff für Probennahme. Ermittlung Werkstoffkennwerte.
- III. Optimierung Behälterdesign und Strukturanalyse: Maßnahmen zur Reduzierung der dynamischen Beanspruchungen unter Impact. Verbesserungen in der Idealisierung des Fundamentverhaltens in der dynamischen FEA und der Interaktion von Fundament und Behälter.
- IV. Mechanische Prüfung gekerbter Hohlprofile: Bestimmung der Beanspruchung bei Rissinitiierung.
- V. Mechanische Prüfung gekerbter Gusscontainer und zylindrischer Gussbehälter: Fallprüfungen unter Endlagerbedingung nach ABK II (5 m-Fall bei -20 °C, ohne Stoßdämpfer). Nachuntersuchung auf Rissinitiierung und Materialeigenschaften im Stück.
- VI. Weiterentwicklung GJS-Werkstoff für höhere Bruchzähigkeit.
- VII. Fertigung von je 1 zylindrischen Gussbehälter und 1 Gusscontainer (mit Kerben), Fallprüfung unter Endlagerbedingungen nach ABK II und Nachuntersuchung auf Rissinitiierung und Eigenschaften im Stück.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Die Glühversuche an Hohlbohrproben und Behältersegmenten wurden mit zweistufigen Glühkurven mit unterschiedlichen Temperaturniveaus und Abkühlraten fortgesetzt. Die Ferritisierung des perlitischen Ausgangsmaterials ist noch besser als bei einstufigen Glühungen. Der zurückgebliebene Perlit liegt weitgehend nur noch in eingeformter Form vor. Die erhoffte Zerstörung der Korngrenzenkarbide konnte trotz Anfahrens der Austenitisierungstemperatur nur zum Teil erreicht werden.
- Geglühte Proben der beiden in 2006 mit verschiedenen Maßnahmen nach dem neuen metallurgischen Konzept gefertigten zylindrischen Gussbehälter wurden mit CT25-Proben auf statische Bruchzähigkeit untersucht. Das Materialverhalten war duktil. Dies ist eine erhebliche Verbesserung gegenüber dem Gusszustand.
- Anschließend wurden dieselben Materialzustände auf dynamische Bruchzähigkeit untersucht. Die (aus Kostengründen) kleinen SENB Proben zeigten zwar Pop-ins, jedoch bei mindestens um den Faktor 2 erhöhten Bruchzähigkeiten gegenüber vorher. Mit Hilfe von (nicht vorgesehenen) Großproben müssten noch bessere Bruchzähigkeiten nachgewiesen werden können.
- Probenmaterial aus dem in 2006 zum Zwecke der Materialuntersuchungen nach dem neuen metallurgischen Konzept gefertigten kubischen Gusscontainer FORM III wurde ferritisierend gegläht und an einer Vielzahl von Stellen mit Zugproben und Schliffen untersucht. Die Verbesserungen im Vergleich zu vorher fielen noch stärker aus als für den zylindrischen Gussbehälter.
- Für eine weitere Optimierung wurden mehrere Variationen des Gießaufbaus mit Hilfe von Erstarrungsberechnungen untersucht. Die gewählte neue Variante lässt nochmals verbessertes Gefüge und erhöhte Dehnungen und Bruchzähigkeiten erwarten und wurde für den Abguss des Gusscontainers für den Fallversuch verwendet.
- Der Boden des Gusscontainers weist schon vor der erneuten Optimierung ein sehr gutes Gefüge auf. Deshalb wurden an dieser Stelle schon jetzt dynamische Bruchzähigkeiten bestimmt. Diese sind erfreulicherweise gleich hoch wie für Material ohne erhöhten Reststoffanteil.
- Die beiden Prüfmuster wurden mit den optimierten metallurgischen Konzepten abgegossen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Die beiden Prüfmuster werden bearbeitet und kurzfristig an die BAM für die Fallprüfungen in EBER III übergeben.
- Eine Vorausberechnung der im Fallversuch auftretenden Spannungen durch die Projektpartner ist derzeit noch nicht mit ausreichender Genauigkeit möglich. Aus diesem Grund ist auch die bruchmechanische Auslegung von Kerben nicht möglich. Die beiden Prüfmuster dürfen für die Fallversuche in 2006 nicht gekerbt werden. Versuchsziel ist die Messung der Spannungen.
- Nach den Fallprüfungen werden beide Prüfmuster zerlegt und beprobt. Außer den Gefügekennwerten und Festigkeiten wird die dynamische Bruchzähigkeit an weiteren Stellen bestimmt.
- Mit Kenntnis der Bruchzähigkeit und der auftretenden Spannungen lassen sich die Kerbgrößen für künftige Fallversuche im Parallelvorhaben EBER III bruchmechanisch auslegen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin		Förderkennzeichen: 02 S 8021
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 31.03.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 652.714,73 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Droste

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Rezyklierung radioaktiven Metallschrottes aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen erlaubt, die Menge des endzulagernden Materials und die Kosten für die Endlagerung zu reduzieren. Die Methoden der sicherheitstechnischen Bewertung von Transport- und Lagerbehältern mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen wurden in den Vorhaben EBER (02S7584) und EBER II (02S7788) entwickelt. Zur endgültigen Absicherung der Werkstoffeinsatzgrenzen in einem sicherheitstechnischen Bewertungskonzept sollen diese Methoden unabhängig vom Endlagerstandort formuliert, auf beliebige Aufprallfundamente übertragen und auf zylindrische Lagerbehälter erweitert werden. Dazu ist die Behälterbeanspruchungsanalyse weiterzuentwickeln. Noch offene Fragen in der werkstoffmechanischen Beurteilung sollen durch experimentelle Untersuchungen an Gussbauteilen beantwortet werden. Zusammenarbeit mit der Fa. Siempelkamp Gießerei GmbH & Co. KG, Krefeld als Zuwendungsempfänger des „Forschungsvorhabens zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen – Abschließende Untersuchungen (FORM III)“, Förderkennzeichen 02S8011.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- I. Experimentelle Untersuchungen zum Fallfundament
(Untersuchung der Ankopplung und Bauausführung des Auflagefundamentes, Ermittlung der Beanspruchungshöhe in Hohlprofilen als Modellbauteile)
- II. Untersuchung künstlich vorgeschädigter Bauteile bei kritischer Belastung
- III. Untersuchung künstlich vorgeschädigter Bauteile bei Überlast
- IV. Weiterentwicklung der Beanspruchungsanalyse
(Analyse des Einflusses des Fallfundamentes und von Behälterinnenmassen, Variation der Behälterfallposition, Übertragung auf andere reale Untergründe)
- V. Weiterentwicklung des bruchmechanischen Bewertungskonzeptes
(Untersuchung dreidimensionaler Werkstofffehlergeometrien, Werkstofffehler bei zylindrischen Behälterformen, Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen mit vorgeschädigten Bauteilen)
- VI. Verifizierung des Sicherheitskonzeptes
(Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Fallversuchen mit vorgeschädigten Prototypbehältern sowie Vergleich mit Berechnungsergebnissen)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Die realitätsgetreue Abbildung einer Schädigung der oberen Betonplatte des Prüfstandfundamentes nach den Anforderungen für die Schachtanlage Konrad konnte in den vorhandenen FE-Modellen noch nicht befriedigend gelöst werden. Als Grund wurde das Fehlen einer geeigneten Materialbeschreibung zur Modellierung lokaler Schädigungsvorgänge an der Betonoberfläche identifiziert. Unter Verwendung eines bereits vorhandenen FE-Modells für den zylindrischen Gussbehälter wurden dazu verschiedene Parameterstudien mit einigen im verwendeten FE-Code enthaltenen Materialmodellen durchgeführt.
- Durch die Verbesserung der Werkstoffqualität im Parallelvorhaben FORM III, FKZ 02S8011, müssen die Werkstoffkennwerte neu ermittelt werden. Fa. Siempelkamp hat dazu einen kubischen Gusscontainer hergestellt und daraus Proben für Zugversuche und bruchmechanische Untersuchungen gewonnen. Die ermittelten statischen und dynamischen Fließkurven wurden der BAM übergeben und werden künftig verwendet werden. Bruchmechanische Kennwerte werden jedoch frühestens im September 2007 vorliegen.
- Wegen der fehlenden bruchmechanischen Kennwerte für die neue Werkstoffqualität und bestehender Unsicherheiten bei der Beanspruchungsermittlung für die Auslegung bruchmechanisch kritischer künstlicher Werkstofffehler wurde vereinbart, die für September 2007 geplanten Fallversuche ohne künstliche Werkstofffehler durchzuführen.
- Bei der Vorbereitung der Versuche wurde besonderes Augenmerk auf die Planung der oberen Betonplatte gelegt. Der Betonhersteller wurde beauftragt, die Festigkeitsentwicklung einer definierten Betonrezeptur anhand mehrerer, in festgelegten Zeitintervallen zu untersuchenden Würfeldruckproben vorab abzuschätzen. Die Betonplatten konnten nach Bewertung durch die BAM termingerecht in Auftrag gegeben werden.
- Die aufgrund der Versuchstemperatur von -20 °C erforderliche Ausrüstung zur Kühlung sowie ein neuer Stahlrahmen für die Ankopplungsschicht wurden beauftragt. Der Instrumentierungsplan wurde festgelegt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Unmittelbar nach Anlieferung der Versuchsobjekte durch die Fa. Siempelkamp wird mit deren Instrumentierung (Applikation von Temperaturmessfühlern, Beschleunigungsaufnehmern und Dehnungsmessstreifen) begonnen. Alle weiteren erforderlichen Vorbereitungen, wie z. B. der Aufbau des Prüfstandfundamentes, sind zu treffen.
- Nach Abschluss der Fallversuche mit den Prototypbehältern auf dem Versuchsgelände der BAM werden sowohl die Behälter als auch die obere Betonplatte intensiven werkstofftechnischen Untersuchungen unterzogen. Am Gusswerkstoff wird überprüft, ob die prognostizierten Werkstoffeigenschaften für den gesamten Behälter umgesetzt werden konnten. Dazu sind neben Gefügeuntersuchungen erneut statische und dynamische Zugversuche im Vorhaben FORM III vorgesehen. An Prüfkörpern aus der Betonplatte werden Druckversuche durchgeführt werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Zencker, U., Qiao, L., Weber, M., Droste, B.: Sicherheitstechnische Analyse von Transport- und Lagerbehältern aus Gusseisen mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen mittels Fallversuchen, Tagungsband 8. Intern. Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ (KONTEC 2007, Dresden, 21.-23. März 2007), KONTEC GmbH, Hamburg, 2007.

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8142
Vorhabensbezeichnung: Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2002 bis 31.08.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.217.979,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Türler

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gemeinschaftsvorhabens des Instituts für Radiochemie, TU München, mit dem Institut für Analytische Chemie, Chemo- und Biosensorik, der Universität Regensburg, ist die selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und die Bindung von Tritium auf einem Träger.

Bisher ist es nicht möglich das radioaktive Isotop Tritium aus tritiumhaltigen Prozesslösungen zu entfernen. Grundlage des vorliegenden Projekts ist die beobachtete Anreicherung von Tritium auf Biomolekülen von ca. einem Faktor 2. Im Projekt sollen die Mechanismen dieses Phänomens aufgeklärt und das darin enthaltene Anwendungspotential auf anorganische Tritiumakzeptoren übertragen werden. Besondere Beachtung muss dabei der Tritium-Analytik in wässrigen Systemen durch das Studium des Wasserstoff-Isotopieeffekts bei der Solvent-Solute-Trennung geschenkt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte (AS) sind:

1. Literaturstudie zu den Themen: Protonenbeweglichkeit, starke und schwache Wasserstoffbrückenbindungen (AP1).
2. Austauschstöchiometrie und Austauschgeschwindigkeit bei organischen Rezeptoren (AP2 und 3).
3. Methodenvergleich und Präzisierung des Isotopieeffekts bei der Solvent-Solute-Trennung (AP4 und 5).
4. Rückhaltevermögen organischer H-Rezeptoren (AP6).
5. Auswahl und Studie anorganischer H-Rezeptoren (AP7).
6. Verteilungsfaktoren und Austauschkinetik anorganischer H-Rezeptoren.
7. Abschlussbericht und Dokumentation.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

In Garching wurden im Zuge der Optimierung der Wachstumsbedingungen der Alge *Chlorella pyrenoidosa* erste Versuche zum Austausch von Tritium durchgeführt. Dazu wurde das Wachstum der Alge unterbrochen und diese unterschiedlich lange einer definierten Tritiumaktivität ausgesetzt. Nach Kryosublimation der Algenfraktionen wurden diese bei unterschiedlichen Temperaturen getrocknet und einer C-, H-Analyse zugeführt. Aus den ersten Messergebnissen ergaben sich Hinweise auf einen sehr geringen DNA-Gehalt. Diese Resultate decken sich mit den Ergebnissen der Kryosublimationsversuche der Algenrückstände, wonach keine messbare Tritiumakkumulation aufgrund von Anlagerungseffekten festzustellen war.

Ein Anreicherungsfaktor von ca. 1,5 im Hydrat von reiner DNA konnte wiederholt bestätigt werden. Diese Anreicherung konnte auch bei Verwendung von einer um einen Faktor 6 größeren Menge an DNA gemessen werden. Dabei stellte sich heraus, dass Sublimationsproben nach längerer Standzeit nicht als isotopeffektfrei betrachtet werden können (AS 3). Eine Vernachlässigung dieser Messwerte führt zu einer deutlichen Steigerung der Bestimmungsgenauigkeit des Tritiumakkumulationseffekts in der Hydrathülle der untersuchten DNA-Moleküle. Durch diese Ergebnisse konnte ausgeschlossen werden, dass es sich bei den gemessenen Anreicherungsfaktoren um Artefakte handelt (AS 4).

Untersuchungen der Elektrodenoberflächen mittels Rasterelektronenmikroskopie haben gezeigt, dass die sich auf den Kathodenoberflächen während der Elektrolyse bildenden Ablagerungen ausschließlich vom verwendeten Anodenmaterial herrühren. Um einen eventuellen Einfluss dieser Schichten auf den messbaren Tritiumseparationsfaktoren zu minimieren, wurden in den Experimenten identische Materialien für die Elektroden gewählt. Bei Verwendung nicht-inerter Elektrodenmaterialien (Eisen) ist eine genaue Reproduktion des Tritiumseparationsfaktors nicht möglich. Zudem ist davon auszugehen, dass aufgrund der durch die Bildung des Belags auftretenden Fremdströme der Faraday-Wirkungsgrad deutlich unter eins sinkt, was eine zuverlässige Berechnung des zeitabhängigen Volumenreduktionsfaktors erschwert (AS 6).

4. Geplante Weiterarbeiten

Da sich aus den bisherigen Versuchen zur Kryosublimation von Algen ergeben hat, dass kein Austausch von Tritium stattfindet, soll im nächsten Schritt der mögliche Einbau von Tritium untersucht werden. Diese Versuche werden unter verschiedenen Bedingungen weitergeführt, wobei die Tritiumaufnahme sowohl während des Algenwachstums, als auch nach Abbruch des Wachstums untersucht werden soll.

Um die bei der Elektrolyse beobachteten Phänomene zu verringern, wird als inertes Anodenmaterial in den kommenden Experimenten ausschließlich Platin mit einem Reinheitsgrad von 99,6 % verwendet. Durch Einsatz von Massenflussmessgeräten soll es ermöglicht werden, stichhaltige Aussagen über den tatsächlich vorherrschenden Faraday-Wirkungsgrad zu machen und das im System vorhandene Elektrolytvolumen zu jedem beliebigen Zeitpunkt exakt zu berechnen. Nach Kalibrierung der Elektrolyseanlage unter Verwendung von sowohl Platin-kathode als auch –anode bei unterschiedlichen Prozessbedingungen sollen dann die Tritiumseparationsfaktoren diverser Metalle (z. B. Fe, Cu, Ni, Zn, Mo, Ti) untersucht werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Auftragnehmer: STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen		Förderkennzeichen: 02 S 8172
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2002 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 2.036.936,35 EUR	Projektleiter: Brecht	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In Deutschland gab bzw. gibt es insgesamt zwölf Siemens-Unterrichts-Reaktoren (SUR). Ein Teil dieser Reaktoren ist bereits abgeschaltet, ein weiterer Teil plant die Abschaltung. Die SUR wurden bzw. werden von Fachhochschulen, Technischen Hochschulen, Universitäten und dem Forschungszentrum Karlsruhe betrieben. Die TU Dresden betreibt einen Ausbildungs-Kern-Reaktor (AKR).

Ziel dieses Vorhabens ist, ein Konditionierungsverfahren für den Kernbrennstoff aus diesen Reaktoren zu entwickeln und anzuwenden, um im Anschluss das wiedergewonnene Uran dem Kernbrennstoffkreislauf zuzuführen.

Für die praktischen Durchführungen wurde das Institut für Radiochemie (RCM) der TU München im Rahmen des Gesamtvorhabens unterbeauftragt. RCM hat bereits im Vorfeld dieses Vorhabens im Auftrag des Forschungszentrums Jülich unter der Bestell-Nr. 021/41385637/930 Voruntersuchungen an einem Referenz-Brennelement durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Für das Konditionierungsverfahren ist ein Verbrennen des Polyethylens mit nachfolgendem Blenden des zurückgewonnenen Kernbrennstoffes mittels abgereicherten Urans vorgesehen. Auf diese Weise werden das in den Brennstoffplatten enthaltene Polyethylen entfernt und der U-235 Gehalt des U_3O_8 (im Fall AKR UO_2) auf einen Wert < 5 Massen-% reduziert.

Das Programm ist in folgende Arbeitspakete untergliedert:

- AP1: Schaffung der genehmigungstechnischen Voraussetzungen
- AP2: Festlegung der Verfahrensabläufe
- AP3: Experimentelle Arbeiten
- AP4: Vertragswesen
- AP5: Projektmanagement

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Das Zustimmungsverfahren für die Weiterverarbeitung ist abgeschlossen, so dass vom Verarbeiter Proben zur Überprüfung angenommen werden konnten.
Die Genehmigung zur Bearbeitung des SUR-Brennstoffs durch das Bayerische Staatsministerium beinhaltet lediglich die Bearbeitung von Brennstoff aus den SUR-Kernen.

Für die Bearbeitung der AKR-Platten des VKTA Rossendorf galt diese Genehmigung nicht. Daher musste eine ergänzende Genehmigung dafür eingeholt werden, was inzwischen erfolgt ist. Für die Annahme von weiterem Brennstoff zur Verarbeitung bei TUM/RCM ist als Genehmigungsvoraussetzung eine Rücknahmeerklärung des Bundes (BfS) erforderlich. Diese Rücknahmeerklärung durch das BfS liegt zum jetzigen Zeitpunkt nicht vor.

- AP2: Die am 31. Januar 2007 angelieferten beiden SUR-Kerne der HAW Hamburg (SUR-HH) und der Hochschule Bremen (SUR-HB) wurden inzwischen vollständig verascht. Die erhaltenen Blendchargen wurden mit abgereichertem Uran (DU) geblendet.
- AP3: Eine fertig konditionierte Vorprobe aus einem Unterlos des SUR Darmstadt wurde bei RCM Gamma-spektrometriert und auf Sr-90 und Pu-Isotope analysiert. Ca. 30 g dieses Probenmaterials wurden zur informellen Spezifikationsüberprüfung an ARE-VA/ANF nach Lingen gesandt. Gegenwärtig werden die Analysen überprüft und verglichen.
- AP4: Die Verträge mit der FH Kiel wurden zwischen STEAG und der TH Kiel im Detail abgestimmt. Sie wurden inzwischen von der TH Kiel unterzeichnet. Damit ist eine Voraussetzung dafür geschaffen, dass die TH Kiel einen Transportbehälter erhalten kann. Die im Original unterschriebenen Verträge wurden von STEAG TUM/RCM zur Unterschrift vorgelegt.
Nach Klarstellung der erforderlichen Randbedingungen hat STEAG die Verträge mit VKTA Rossendorf abgestimmt und ausgefertigt. Sie liegen zurzeit der VKTA zur Unterschrift vor.
- AP5: Mit den restlichen SUR-/AKR-Betreibern wurden intensive Gespräche geführt über die weitere Fortführung des Projekts und den Inhalt der bereits vorab zugesandten Verträge. Diese wurden mit den meisten Beteiligten inzwischen diskutiert und weitgehend abgestimmt. Entsprechende Gespräche fanden mit TUM/RCM statt, wobei ständig ein Austausch über den Fortschritt der Konditionierungsarbeiten erfolgte.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Los-repräsentativen Proben des SUR-HH und SUR-HB werden von RCM analysiert und spezifiziert und anschließend ANF zugestellt. Unbedingte genehmigungstechnische Voraussetzung für die weitere Annahme von SUR-Kernen durch TUM/RCM zur Konditionierung ist die Rücknahmeerklärung des Bundes, die zurzeit vom BfS nicht vorliegt.
- AP2: Die Analysen der Proben für die jetzt fertig geblendeten Kerne (HH, HB) sollen bis Ende Juli fertig gestellt und die Proben an ANF versandt werden.
- AP3: Experimentelle Arbeiten können aus genehmigungstechnischen Gründen zurzeit nicht weitergeführt werden.
- AP4: Die Verträge zwischen den weiteren (ehemaligen) SUR-Betreibern und dem Abnehmer RWE sowie zwischen diesen Betreibern und RCM sollen abgeschlossen werden, sobald die Übernahmeerklärung des BfS für den Fall der Nichtannahme durch ANF vorliegt.
- AP5: Sobald die Voraussetzungen für die Annahme weiterer SUR-Kerne gegeben sind, werden alle erforderlichen Maßnahmen getroffen, die restlichen Betreiber in den Prozess einzubeziehen. Zur Klarstellung und zur Absprache des weiteren Vorgehens wird im September ein Treffen aller Beteiligten und Verantwortlichen geplant.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Gesellschaft für Schwerionenforschung mit beschränkter Haftung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8203
Vorhabensbezeichnung: Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2003 bis 30.06.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.357.473,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Kraft

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden Daten zur Abschätzung der relativen biologischen Wirksamkeit (RBW) von dicht ionisierender Strahlung für die Induktion genetischer Veränderungen im Menschen erhoben. Hierzu werden Experimente mit primären menschlichen Zellen an den Beschleunigern der GSI durchgeführt und genetische Veränderungen anhand von Chromosomenschäden gemessen. Die *in vitro* Daten werden mit Werten aus Patientenbestrahlungen (konventionelle Therapie und Kohlenstoffionentherapie) verglichen. Dieser direkte Vergleich kann derzeit nur in Darmstadt sowie in Chiba und Hyogo (Japan) erfolgen. Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes ist die Nachwuchsförderung. Durch eine qualifizierte Ausbildung von Diplomanden und Doktoranden soll zum Kompetenzerhalt in der Strahlenforschung und dem Strahlenschutz beigetragen werden. Fachkräfte mit strahlenbiologischer Kompetenz werden unter anderem für die neuen Projekte bei der GSI benötigt. Hierzu gehören der Ausbau der Beschleunigeranlage (FAIR) sowie die Einrichtung einer Teilchentherapie in Heidelberg. Darüber hinaus werden europaweit Fachkräfte mit einer fundierten Ausbildung im Bereich dicht ionisierender Strahlung benötigt, da weitere Teilchentherapiezentren gerade gebaut (Pavia, Marburg) oder geplant werden (Essen, Berlin, Lyon, Wien).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1:** Analyse von Chromosomenschäden in T-Lymphozyten und Fibroblasten nach Ionenbestrahlung (GSI Darmstadt).
- AP2:** Messung der Strahlenempfindlichkeit von T- und B-Lymphozyten sowie von Makrophagen gegenüber dicht und dünn ionisierender Strahlung (Technische Universität Darmstadt).
- AP3:** Untersuchungen zur Expression von Chromosomenschäden in T-Lymphozyten von Prostatakarzinompatienten nach Bestrahlung mit Kohlenstoffionen oder Röntgenstrahlen (Universität Göttingen, GSI Darmstadt).
- AP4:** Untersuchung der strahleninduzierten genetischen Stabilität/Instabilität in Lymphozyten anhand der Messung der Telomeraseaktivität und der Bestimmung von Chromosomenschäden (Universitätsklinikum Mannheim).

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1:** Die Analyse von Chromosomenschäden im Blut von Prostatakarzinompatienten mit Hilfe der multiplex Fluoreszenz *in situ* Hybridisierung (mFISH) wurde fortgesetzt. Die bisher erhaltenen Daten widersprechen der gängigen Annahme, dass Kohlenstoffionen auch *in vivo* spezifische Chromosomenschäden erzeugen. Weiterhin wurden die Langzeitexperimente mit normalen menschlichen Fibroblasten mit den Schwerpunkten terminaler Zellzyklusarrest und genetische Instabilität fortgeführt. Neben Massenkulturen wurden auch klonale Zellpopulationen untersucht. Die Experimente zeigen, dass sich die Nachkommen unbestrahlter und bestrahlter Zellen ähnlich verhalten. Genetische Instabilität ist jedoch nach Bestrahlung deutlicher ausgeprägt.
- AP2:** Die Untersuchungen zur Strahlenempfindlichkeit humaner B- und T-Lymphozyten sowie zur Makrophagenfunktion nach Bestrahlung wurden abgeschlossen. Die Dissertation wird in Kürze fertig gestellt.
- AP3:** Die Analyse der Chromosomenaberrationsrate im Blut von Prostatakarzinompatienten sowie die *in vitro* Untersuchungen zur Röntgenstrahlen-induzierten genomischen Instabilität in Lymphozyten-Langzeitkulturen wurden fortgeführt. Die *in vitro* Experimente zeigten eine signifikant erhöhte strahleninduzierte genomische Instabilität in den Zellen der Prostatakarzinompatienten verglichen mit gesunden Spendern.

AP4: Die Untersuchungen zur Telomeraseaktivität in Lymphozyten nach Bestrahlung ergaben, dass die Induktion des Enzyms mit höherer Dosis schneller erfolgte. Die Kinetik war nach der Applikation von 2 Gy Kohlenstoffionen (spread out Bragg Peak) und 2 Gy Röntgenstrahlen ähnlich. Die relative biologische Wirksamkeit (RBW) von Kohlenstoffionen für diesen Endpunkt ist demnach ≈ 1 und somit niedriger als für die Induktion von Chromosomenschäden.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1 und AP3: Um statistisch relevante Aussagen zur Wirkung ionisierender Strahlung *in vivo* treffen zu können, muss wie im Studienprotokoll vorgesehen, eine größere Anzahl von Patienten untersucht werden. Zu diesem Zweck sollen Drittmittel ein geworben werden.

AP2: Eine Veröffentlichung wird vorbereitet.

AP4: Durch die Messung der Telomeraseaktivität in Zweitproben soll eine sichere Aussage zur RBW von Kohlenstoffionen erreicht werden. Weiterhin sollen die Messdaten mit der Rate strahleninduzierter Chromosomenschäden korreliert werden. Darüber hinaus ist ein Wiederholungsexperiment vorgesehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Veröffentlichungen in Fachzeitschriften

Fournier C., D. Becker, M. Winter, P. Barberet, M. Heiss, G. Taucher-Scholz: Cell cycle-related bystander responses are not increased with LET after heavy-ion irradiation. *Radiat Res.* 167:194-206 (2007).

Fournier C., S. Zahnreich, E. Nasonova, L. Melnikova, S. Ritter: Interrelation amongst differentiation, senescence and genetic instability in long-term cultures of fibroblasts exposed to different radiation qualities. *Radiother Oncol.* 83: 277-282 (2007).

Gudowska-Nowak, E., R. Lee, E. Nasonova, S. Ritter, M. Scholz: Effect of LET and track structure on the statistical distribution of chromosome aberrations. *Adv. Space Res.* (in press).

Tenhumberg, S., E. Gudowska-Nowak, E. Nasonova, S. Ritter: Cell cycle arrest and aberration yield in human fibroblasts. II Effects of 11 MeV/u C ions and 9.9 MeV/u Ni ions. *Int. J. Radiat. Biol.* 83: 1-14 (2007).

Doktorarbeiten

Winter, M.: Zelluläre und molekularbiologische Grundlagen der vorzeitigen Alterung humaner Fibroblasten nach Bestrahlung mit Röntgen- und Ionenstrahlen. *Dissertation*, FB Biologie, Universität Darmstadt (eingereicht).

Milanovic, T.D.: Mechanismen und Modulation von Strahlenresistenz: Untersuchungen zur Rolle von Telomerase, Erlotinib, 13-cis Retinsäure und Thalidomid. *Doktorarbeit*, Medizinische Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg (angenommen 2007).

Berichte

Barberet, P. et al.: Transient induction of the cell cycle inhibitor CDKN1A *GSI Report* p334 (2007-1).

Conrad, S. et al.: Phagocytic activity of macrophages after exposure to ionising radiation. *GSI Report* p353 (2007-1).

Herskind, C.: Telomeraseaktivität in humanen peripheren Blutmononukleären Zellen (PBMC) nach Bestrahlung in vitro und in vivo. *Strahlenther. Onkol.* 183(Sondernr. 1): 52 (2007).

Hofman-Hüter, H. et al.: Radiation-induced apoptosis in T-lymphocytes *GSI Report* p338 (2007-1).

Hofman-Hüter, H.: Chromosomale Instabilität in Lymphozyten von Prostata-Karzinompatienten. *Strahlenther. Onkol.* 183(Sondernr. 1): 53-54 (2007).

Krunic, D. et al.: Is the shortening of chromosome ends a trigger for radiation-induced senescence or genetic instability? *GSI Report* p345 (2007-1).

Lee, R. et al.: Effect of LET and track structure on the statistical analysis of aberrations... *GSI Report* p347 (2007-1).

Milanovic, D. et al.: Induction of telomerase activity in peripheral blood cells..... *GSI Report* p344 (2007-1).

Ochab-Marcinek, A. et al.: Modelling radiation-induced cell cycle delays. *GSI Report* p355 (2007-1).

Ritter, S. et al.: Cytogenetic damage in lymphocytes of prostate cancer patients. *GSI Report* p348 (2007-1).

Sommer, S. et al.: Search for a chromosomal fingerprint of high LET exposure. *GSI Report* p343 (2007-1).

Zahnreich, S. et al.: Chromosomal aberrations and genetic instability *GSI Report* p346 (2007-1).

Zuwendungsempfänger: Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40225 Düsseldorf		Förderkennzeichen: 02 S 8213
Vorhabensbezeichnung: Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2003 bis 30.06.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 737.782,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Haas	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Schwerpunkt des Vorhabens ist die Aufklärung der molekularen Mechanismen, die der Schädigung/Zerstörung menschlicher normaler und maligner blutbildender Zellen durch Alpha-Strahlung zugrunde liegen. Die Untersuchungen bei gesunden Probanden und Patienten mit akuten oder chronischen Leukämien werden auf Gen-Expressionsebene mittels DNA-Arrays und Protein-Chips durchgeführt und mit funktionellen Tests für Zellzyklus, Zellproliferation, Apoptose-Induktion ergänzt. Bei Patienten mit malignem Non-Hodgkin-Lymphom, die eine Alpha-Radioimmuntherapie erhalten, werden Genexpressionsprofile von hämatopoetischen Stammzellen sowie B-Lymphozyten erstellt, um die Nebenwirkungen dieser Behandlungsart zu definieren.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Untersuchung der Wirkungen der Alpha-Strahlung auf normale hämatopoetische Zellen (myeloisch und lymphatisch) mittels Microarrays.
- AP2: Untersuchung der Wirkungen der Alpha-Strahlung auf maligne hämatopoetische Zellen (myeloisch und lymphatisch) mittels Microarrays.
- AP3: Untersuchung der Assoziation der RNA-Expressionsdaten aus AP1 und AP2 mit Proteinexpressionsdaten.
- AP4: Untersuchung der Proliferationsfähigkeit und der Apoptose-Rate nach Alpha-Bestrahlung in normalen und malignen hämatopoetischen Zellen.
Bestätigung von Kandidatengenomen mittels quantitativer real-time RT-PCR.
- AP5: Untersuchung des Einflusses radioprotektiver Substanzen auf das Genexpressionsmuster nach Alpha-Strahlung.
- AP6: Untersuchung von transkriptionellen Änderungen in CD34+ Zellen bei Patienten mit Non-Hodgkin-Lymphom nach Alpha-Radioimmuntherapie.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Die beobachteten transkriptionellen Antworten der normalen CD19+ Zellen unter Einfluss von Aktivierung von Zellzyklus-Inhibitoren, Stress-induzierten Genen und Nachweis von DNA-Schäden entsprechen der durch Alphapartikeln-induzierten Reaktion, wie sie auch in den malignen B-Zellen hervorgerufen wurde. Die Beobachtung, dass im Vergleich mit den K422 Zellen in den primären CD19+ Zellen weit weniger differentiell regulierte Gene nach-

gewiesen werden konnten, lässt den Schluss zu, dass die Zell-Linie aufgrund ihrer tumorigen Transformation und ihres immortalen Charakters über effektivere Verteidigungsstrategien verfügt als die primären CD19+ Zellen.

AP2: Die differentiell exprimierten Gene in K422 Zellen nach Bi-213-CD20 Exposition geben Hinweise auf einen Zellzyklusstopp in der G2-Phase, DNA-Reparatur, Proteindegradation und Interferonantwort. Eine Vielzahl von Zellzyklus-assoziierten differentiell regulierten Genen konnten nachgewiesen werden. Die Produkte von *CCNE2*, *CCND3*, *CDK2*, *CDK4*, *CDC7*, *CDC25A*, *ATR* und *RB1* greifen in die Regulation der G1/S Transition ein, während die Proteine der dereguliert gefundenen Gene *CCNA*, *CDC27*, *CDC2* und *CDC20* bei der Regulation der G2/M-Phase eine Rolle spielen. Transkriptionell konnte die Induktion der DNA-Reparatur nachgewiesen und über quantitative „Real-Time“-PCR für die vier Gene *BRCA1*, *FANCG*, *MSH2* und *RAD51* bestätigt werden. 16 hochregulierte Gene kodieren für Untereinheiten der 26S Proteasomen, darunter *PSMA2*, -3, -4, -5, *PSMB2*, -5, -8, -9, *PSMC2*, -3, -4, -6, was vermuten lässt, dass durch Alpha-Bestrahlung die Ubiquitin-abhängige Proteindegradation aktiviert wird. Die Regulation Interferon-stimulierter Gene wird durch spezifische Transkriptionsfaktoren (*interferon regulatory factors*, *IRFs*) vermittelt. Die Hochregulation der *IRF1*, *IRF2*, *IRF3*, *IRF7*, *ISGF3γ* sowie *STAT1*, *STAT2* und *STAT3* legt den Schluss nahe, dass die Bestrahlung mit Alphapartikeln in diesen Zellen immunologische Prozesse in Gang setzt, welche in ihrer Wirkung offensichtlich einen antiviralen und wachstumshemmenden Charakter aufweisen.

AP3: Der Nachweis einer gesteigerten Proteinexpression ausgewählter Oberflächenmarker (CD1c, CD47, CD79b, CD164) lässt eine Aktivierung der K422 Zellen im Hinblick auf immunologische Effekte vermuten. Für CD1c wird eine Rolle in der Antigenpräsentation in B-Zellen vermutet. CD47 hat, ähnlich den MHC-Molekülen, eine „Körpereigen“-definierende Funktion. Von dem ausschließlich in B-Zellen und B-Lymphomen exprimierten CD79b wurde beschrieben, dass seine Expression der CD20-Expression während der B-Zell-Ontogenese vorausgeht. Das Sialomucin CD164 spielt eine Rolle in der Zelladhäsion und Zelldifferenzierung. Die gesteigerte CD164-Proteinexpression nach Behandlung mit Alphastrahlung könnte darauf hinweisen, dass die zytoprotektive Wirkungen der Sialomucine als ein weiterer Abwehrmechanismus gegen Strahlung in den bestrahlten Zellen zum Einsatz kommt.

AP4: Die Tatsache, dass keine Überexpression des proapoptotischen Proteins Caspase-3 nachgewiesen wurde und dass sich die meisten Zellen sowohl für den Nekrosemarker Propidiumiodid als auch für den Apoptosemarker Annexin V positiv zeigten, lässt vermuten, dass die bestrahlten Zellen nicht durch Apoptose absterben, sondern eher nekrotischen Charakter aufweisen. Wie bei den K422 Zellen konnten auch in den primären CD19+ Zellen DNA-Schäden indirekt über den Nachweis von γ H2AX beobachtet werden.

AP6: Die klinische Studie musste wegen nicht tolerierbarer Nebenwirkungen abgebrochen werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Keine

5. Berichte, Veröffentlichungen

Abschlussbericht in Vorbereitung.

Zuwendungsempfänger: Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8223
Vorhabensbezeichnung: Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2003 bis 31.07.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 347.892,00 EUR		Projektleiter: Prof. Herrlich

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziel:

Untersuchung der Signalwege, die durch Doppelstrangbrüche angeschaltet werden und zur Inhibierung des Mdm2 Proteins (und damit zur Zunahme des p53 Proteins) führen.

Bezug zu förderpolitischen Zielen:

Das Vorhaben dient dem Kompetenzerhalt und der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Wissenschaftliche und/oder technische Ziele:

Aufklärung der Signaltransduktionskette nach ionisierender Strahlung (IR), Identifizierung neuer Zielproteine für die Krebstherapie

Bezug zu anderen Arbeiten:

Untersuchungen zur Stabilisierung des p53 Proteins nach Schädigungen der DNA bilden einen Forschungsschwerpunkt in der Arbeitsgruppe Blattner am Institut für Genetik.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- A.1: Identifizierung der Kinase, die GSK-3 nach ionisierender Strahlung phosphoryliert
- A.2: Identifizierung der Mechanismen, die zur Aktivierung der GSK-3 Kinase nach ionisierender Strahlung führen.
- B.1: Analyse der Mechanismen, die zur Translokation von CKI δ nach ionisierender Strahlung führen.
- B.1.1: Analyse strahleninduzierter Phosphorylierungen von CKI δ
- B.1.2: Analyse strahleninduzierter Sumoylierung von CKI δ
- B.2: Analyse der Signaltransduktion, die der Translokation zugrunde liegt
- B.3: Analyse von CKI δ Zielgenen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

zu A: Das im vorausgegangenen Berichtszeitraum eingereichte Manuskript wurde in der Zwischenzeit begutachtet. Von den Gutachtern wurden weitere Experimente, insbesondere zur Rolle der GSK-3, Akt und ATR Kinase, gefordert. Diese Experimente wurden durchgeführt, so dass das revidierte Manuskript in den nächsten 14 Tagen wieder eingereicht werden kann.

zu B: Wie geplant haben wir die Fragmente und Deletionsmutanten der 14-3-3 Proteine auf eine strahlenvermittelte Assoziation mit CKIdelta untersucht. Allerdings konnten wir hier bisher kein eindeutiges Ergebnis erhalten. Zwar konnten wir nachweisen, dass die Assoziation mit CKIdelta im C-terminalen Bereich der 14-3-3 Proteine stattfindet, eine Regulation der Assoziation der 14-3-3 Deletionsmutanten mit CKIdelta durch Strahlung lies sich jedoch nicht verlässlich nachweisen.

Wie geplant haben wir auch die Zellen in Zellkern und Zytoplasma fraktioniert und die Menge an 14-3-3 Protein in den beiden Zellkompartimenten getrennt bestimmt. Dabei beobachteten wir, dass CKIdelta und die 14-3-3 Proteine nach ionisierender Strahlung in mehreren Phasen in den Zellkern translozieren.

4. Geplante Weiterarbeiten

zu A: Sollte das revidierte Manuskript angenommen werden, so ist dieser Teil des Projektes abgeschlossen. Sollte das revidierte Manuskript nicht angenommen werden, so werden wir es bei einer anderen Zeitschrift zur Veröffentlichung einreichen.

zu B: Als nächstes werden wir untersuchen, ob die Expression von 14-3-3 Proteinen nach Bestrahlung die Translokation von CKIdelta in den Zellkern fördert. Darüber hinaus werden wir die Interaktionsdomäne von 14-3-3 Proteinen mit CKIdelta auf dem CKIdelta Protein kartieren.

Da die Beteiligung von CKIdelta an der zellulären Strahlenantwort bisher nur in Hefezellen gezeigt worden ist, werden wir außerdem untersuchen, ob das auch für menschliche Zellen gilt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Boehme A, Kulikov R, Blattner C.: P53 stabilization in response to DNA damage requires Akt/PKB and DNA-PK. Bei Proceedings of the National Academy of Science (PNAS, Impact faktor: 10,7) zur Veröffentlichung eingereicht. Das Manuskript ist in Revision.

Zuwendungsempfänger: Universitätsklinikum Essen – Universität Duisburg-Essen, Hufelandstraße 55, 45147 Essen		Förderkennzeichen: 02 S 8254
Vorhabensbezeichnung: Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.07.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 361.512,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Iliakis

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Identifizierung und Charakterisierung einer neuen Klasse von Verbindungen, die als Radioprotektoren durch Verlängerung des G2-Blocks wirken, und Vor-Einschätzung ihrer möglichen Verwendung im Strahlenschutz für den Menschen.

Einzelziele:

Ziel 1: Auswertung der Produktion und Exkretion von GAMA in das Wachstumsmedium durch bestrahlte A1-5 Zellen. Standardisierung der Bedingungen für eine Großproduktion von Medium, das mit A1-5 Zellen konditioniert wurde, um es für eine anschließende Charakterisierung und Reinigung von GAMA zu verwenden. Auswertung der Effekte von GAMA auf die G2-Checkpoint-Reaktion mit Hilfe der Durchflusszytometrie.

Ziel 2: Auswertung der Checkpoint-Signale im Zusammenhang mit dem G2-Block und Überprüfung, ob diese Signale nach der Einwirkung von GAMA verändert werden. Auswertung unter Betonung des Pfades, der von ATM/ATR ausgeht, über Chk1/Chk2 und über CDC25C seine Fortsetzung findet, um schließlich zur Phosphorylierung des Serins 15 von Cdk1 zu führen.

Ziel 3: Bestimmung von Größe, Ladung, molekularer Natur und Struktur von GAMA. Bestätigung der Peptid-Natur von GAMA und Analysen unter Verwendung eines Proteinsequenz-Analysators und der Massenspektrometrie.

Ziel 4: Herstellung von mono- und polyklonalen Antikörpern gegen das Peptid. Verwendung dieser Reagenzien, um festzustellen, ob GAMA von einem Vorstufen-Protein abgeleitet wird. Wenn die Antwort positiv ausfällt, Beginn der Klonierung des Gens für dieses Protein.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1.1 Standardisierung der Wachstumsbedingungen
- AP1.2 Standardisierung der C-Med Präparation
- AP1.3 Produktion von C-Med in großem Maßstab
- AP1.4 Auswertung der G2-Arretierung in C-Med, das GAMA enthält

- AP2.1 Effekte von GAMA auf die Cdk1 Kinase
- AP2.2 Effekte von GAMA auf Cdc25C
- AP2.3 Effekte von GAMA auf ATM/Chk2 und ATR/Chk1 Pfade

- AP3.1 Bestimmung der Ladung
- AP3.2. Stabilitätstest
- AP3.3 Die Natur von GAMA
- AP3.4 Reinigungs-Strategie
- AP3.5 Sequenz-Analyse
- AP3.6 Massenspektral-Analyse

- AP4.1 Identifikation des Peptids und Vorstufenproteins
- AP4.2 Antikörper Produktion
- AP4.3 Klonierung der Gene für das Protein

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Während der letzten Finanzierungsperiode wurde eine Reihe von Experimenten durchgeführt, die die Ziele des Projektes besser definieren und in vieler Weise vorangetrieben haben. Im Einzelnen wurden folgende neue Resultate erzielt:

- Es ist uns wieder gelungen, über Dialyse in Schläuchen mit einem Molekulargewicht „cut-off“ von 500 Dalton GAMA in Wasser zu gewinnen. Test der Reproduzierbarkeit dieses Verfahrens hat aber ein Problem bei der Herstellung dieser Schläuche zu Tage gebracht, die uns Zeit gekostet hat. Um frühere Ergebnisse reproduzieren zu können, mussten wir mehrere Chargen von Dialyseschläuchen testen und die am Besten geeignete für unsere Versuche einsetzen.
- Der nächste notwendige Schritt, der sich mit der Konzentrierung von GAMA über beschleunigte Verdunstung beschäftigte, hat unerwartete Ergebnisse produziert. Denn es hat sich herausgestellt, dass die erwartete zehnfache Konzentrierung nicht erreicht werden konnte, hauptsächlich wegen Aktivitätsverlust. Dieses Ergebnis war überraschend, weil GAMA eine sehr hohe Temperaturstabilität aufweist und eine einstündige Aufwärmung auf 96° C durchstehen kann. Dieser Befund hat die weitere Charakterisierung von GAMA erschwert.
- Auf der Suche nach weiteren Möglichkeiten GAMA zu konzentrieren, um es besser zu charakterisieren, haben wir zusammen mit der Abteilung für Physiologische Chemie GAMA über Lipophilisierung zu konzentrieren versucht. Zwei wiederholte Experimente konnten genügend Material zum Testen generieren, in denen wir aber keine GAMA - Aktivität feststellen konnten. Wir sind im Moment daher dabei, diese Ergebnisse kritisch zu analysieren, um die weiteren Schritte für eine Konzentrierung von GAMA zu definieren.

4. Geplante Weiterarbeiten

Zurzeit werden intensiv Experimente durchgeführt, die sich damit beschäftigen, die über GAMA ausgelöste Signalkette, die zur Arretierung der Zellen in der G₂-Phase führt, zu untersuchen. Dabei untersuchen wir intensiv die Aktivierung von ATM und Chk2 wie auch den Einfluss von dem G2-Block auf die Entwicklung der homologen Rekombination.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Eine Veröffentlichung wird zurzeit vorbereitet.

Zuwendungsempfänger: Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München		Förderkennzeichen: 02 S 8264
Vorhabensbezeichnung: Anpassung einer Ionen-Mikrostrahleneinrichtung für Untersuchungen zur Dynamik von geschädigten DNA-Regionen und zur Rekrutierung von Reparaturfaktoren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.08.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 221.619,00 EUR		Projektleiter: Dr. Friedl

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Durch Ionen-Mikrobestrahlung von markierten Chromatindomänen im Zellkern sollen Untersuchungen zur Dynamik der geschädigten Bereiche und zur Rekrutierung von Reparaturproteinen ermöglicht werden. Dies dient dem Verständnis der Rolle topologischer Faktoren bei der Entstehung von Chromosomenaberrationen. Technisches Ziel des Projektes ist die Adaptation einer bestehenden Ionen-Mikrostrahleneinrichtung für biologische Experimente. Dazu ist es nötig, die Treffergenauigkeit mit physikalischen und mit biologischen Methoden zu charakterisieren und mögliche Störfaktoren zu beseitigen. Zudem muss eine geeignete Zellkammer entwickelt werden und eine Methode zum wieder auffinden bestrahlter Zellen etabliert werden. Schließlich soll die Eignung der entwickelten Systeme durch Lebendzellbeobachtung nach gezielter Bestrahlung subnukleärer Regionen verifiziert werden. Nach Etablierung biologischer Experimente an der Mikrostrahleneinrichtung kann diese auch für andere Projekte aus dem medizinisch-biologischen Bereich genutzt werden. Die Zusammenarbeit von Strahlenbiologen, Zellbiologen und Kernphysikern soll eine interdisziplinäre Ausbildung von Naturwissenschaftlern ermöglichen und dient dem Kompetenzerhalt in der Strahlenforschung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Charakterisierung und Verbesserung der Treffergenauigkeit

AP2: Entwicklung von Markierungssystemen zum Wiederauffinden der Zellen

AP3: Weiterentwicklung der Zellkammer für Lebendzellbeobachtung

AP4: Praxistest durch Lebendzellbeobachtung nach gezielter Bestrahlung sub-nukleärer Strukturen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP4: Mehrere Klone stabil transfizierter U2OS-Zellen mit funktioneller Expression von Rad52-GFP und Mdc1-GFP wurden isoliert und in Bestrahlungsexperimenten eingesetzt. Unter den Bedingungen der Lebendzellbeobachtung waren Mdc1-Foci bereits ca. 7 sec nach Bestrahlung mikroskopisch erkennbar; im Vergleich dazu sind die Foci bei Immunfluoreszenznachweis erst nach einigen Minuten detektierbar. Da das in einer Kooperation erhaltene Mdc1-GFP-Konstrukt trunkiert ist, wird gegenwärtig ein Volllängenkonstrukt hergestellt. Ebenso wird ein 53BP1-GFP-Konstrukt hergestellt, um einen zweiten schnell akkumulierenden Marker für Lebendzellexperimente zur Verfügung zu haben.

Für Zielschieß-Experimente wurden U2OS-Zelllinien hergestellt, die neben dem GFP-markierten Mdc1-Protein ein RFP-markiertes Zentromer-bindendes Protein herstellen, das die Zentromere als potentielle Bestrahlungs-Ziele (Foci mit Submikrometer-Durchmesser) markiert. Da U2OS-Zellen ca. 80 Chromosomen und damit 80 Zielorte besitzen, wurden in einem zweiten Ansatz in Mdc1-GFP-exprimierende Zellen durch scratch labeling mit TexasRed-dUTP Replikationsfoci markiert. Diese wurden durch Wachstum für 5-6 Generationen soweit ausgedünnt, dass eine überschaubare Anzahl von Zielstrukturen verbleibt. Erste Experimente deuten darauf hin, dass die Zielgenauigkeit des Strahls deutlich besser als 1 μm ist, dass aber aufgrund einer im Moment noch im Bereich von ca. 1 min liegenden Zeitspanne zwischen Zielnahme und Schuss das Ziel durch chromosomale und zelluläre Bewegungen seine Lage verändern kann. Dadurch kommt es zu Abweichungen im Bereich von ca. 1 μm .

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1 - AP3: wurden abgeschlossen.

AP4: Die zu AP4 geplanten Experimente werden gerade abgeschlossen und sollen bis Ende Oktober 2007 ausgewertet sein.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Im Berichtszeitraum gab es keine neuen Veröffentlichungen.

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin		Förderkennzeichen: 02 S 8274
Vorhabensbezeichnung: Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.12.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 505.736,00 EUR		Projektleiter: Dr. Droste

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Stilllegung der deutschen Kernkraftwerke und damit die Zwischenlagerung von hoch radioaktiven Abfällen sowie der darauf folgende Transport zur Endlagerung bedingt die Erforschung stoßartiger Unfalleinwirkungen auf Brennelement-Transport- und Lagerbehälter.

Das Ziel dieses Vorhabens ist die Unterstützung der Versuchsplanung, Instrumentierung der Versuchsobjekte zur Beanspruchungsanalyse sowie die Durchführung und Auswertung von Fallversuchen von Behältern in Originalgröße aus 9 Metern Höhe auf ein unnachgiebiges Prüfstandfundament. Dabei werden die für die Beanspruchungscharakteristik und -höhe relevanten Kennwerte, wie Aufprallverzögerungen und Dehnungen, an allen wichtigen Behälterbauteilen gemessen, so dass eine umfassende quantitative Beanspruchungsanalyse der sicherheitstechnisch relevanten Bauteile der Behälter möglich ist. Im Vorfeld werden entsprechende Berechnungsmodelle und -variationen erstellt und deren Bewertung im Vergleich mit Experimenten durchgeführt. Zusätzlich dienen die Ergebnisse als Basis zur Quantifizierung der Leckagerate des Dichtsystems für die Berechnung der resultierenden Aktivitätsfreisetzung und zur Festigkeitsanalyse der tragenden Teile am Behälter.

Mit den Veröffentlichungen der Untersuchungsergebnisse soll zum Einen die wissenschaftliche Nutzung der Ergebnisse, insbesondere zur Versuchsplanung und zum Vergleich von Berechnungsmethoden, gefördert werden, zum Anderen soll aber auch das Verständnis für die Sicherheit von Brennelement-Transport- und Lagerbehältern und die Methode zur Prüfung durch Originalbehälterversuche verbessert werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- I. Versuchsplanung und Vorbereitung
- II. Versuchsdurchführung
- III. Erweiterte Versuchsauswertung
- IV. Berechnung von Versuchsauswirkungen
- V. Vergleich von gemessenen und berechneten Behälterbeanspruchungen
- VI. Ermittlung von Stoßdämpfermaterialgesetzen
- VII. Kooperation mit U.S. NRC

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Abschluss von Analysen und Auswertungen der Versuchsergebnisse aus durchgeführten Fallversuchen an einer Bauart von Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße
- Durchführung und Auswertung von Stoßversuchen auf Holz mit Hilfe eines dynamischen Stoßprüfstandes; Ermittlung von Verformungskennlinien unter Druckbelastung und Parametervariation (Dehnrage, Mehrachsigkeit und Beanspruchungsrichtung) bei großen Deformationen
- Numerische Nachrechnung der mit Hilfe des dynamischen Stoßprüfstandes durchgeführten Stoßversuche auf Holz mit Finite Elemente Methoden
- Untersuchung zu Modellierungsvorstellungen (FEM) von Fichtenholz inkl. verwendeter Materialgesetze auf der Basis kontinuumsmechanischer Gesetze
- Analyse und Auswertung von Messdaten aus durchgeführten Behälterfallversuchen zur Weiterentwicklung von Beurteilungskriterien für die Unnachgiebigkeit eines IAEA-Aufprallfundamentes

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Nachrechnung von Fallversuchen mit Hilfe von numerischen dreidimensionalen FE-Modellen einer Stoßdämpferbauart
- Dynamische Kompressionsversuche mit skalierten Stoßdämpferholzproben im geführten Fallprüfstand; vergleichende Analyse der resultierenden Beanspruchungszeitverläufe mit den unter konstanten Dehnraten ermittelten dynamischen Fließkurven
- Fortführung von Übertragbarkeitsbetrachtungen hinsichtlich der Fallversuchsergebnisse eines skalierten Versuchsbehälters und Modellbehälters in Originalgröße
- Fortsetzung der Kooperation zwischen BAM und U.S. NRC auf dem Gebiet der Sicherheitsbeurteilung von BE-Transport- und Lagerbehältern im Modell- und Originalmaßstab: Fortführung des Austauschs und Vergleichs von Versuchs- und Berechnungsergebnissen

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8284
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2004 bis 30.06.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 604.865,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Bach

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, Korrosionsschäden an Abfallgebinden zu detektieren, zu analysieren und Instrumentarien zu entwickeln bzw. anzupassen, die eine Beurteilung typischer Korrosionszustände erlauben. Die Ergebnisse sollen eine verbesserte Schadenserkenkung und Sanierung in Langzeitzwischenlagern erlauben sowie Hinweise auf notwendige Verbesserungen hinsichtlich Materialeinsatz, Auslegung, Konstruktion und Fertigungsmethoden der zum Einsatz kommenden Gebinde liefern.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Zusammenstellung von Basisdaten durch Literaturrecherche und Bestandsaufnahme der beschädigten Gebinde in KKW-Zwischenlagern, Landessammelstellen und Forschungszentren.
2. Analyse der Schadensbilder unter Erfassung und Bewertung der die Historie der beschädigten Gebinde betreffenden Parameter.
3. Identifikation der Schadensmechanismen.
4. Ableitung von Schadensszenarien zur Abschätzung und Beurteilung der Schadensabläufe.
5. Durchführung grundlegender Korrosionsuntersuchungen an Modell-Werkstoffpaaren.
6. Untersuchung des Korrosionsverhaltens ausgewählter Werkstoffe in Modell-Umgebungen.
7. Aufnahme von Stromdichte-Potenzial-Kurven für unbelastete Behälter-Werkstoffe sowie für durch Korrosion geschädigte Behälter-Werkstoffe.
8. Entwicklung von Gegenmaßnahmen für potenziell gefährdete Gebinde zur Gewährleistung einer sicheren Langzeitstabilität.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Langzeitversuche mit Modellbehältern zur Untersuchung der korrosiven Beständigkeit gegenüber einer hochkonzentrierten Metallsalzlösung wurden fortgeführt. Nach Beendigung der Test-Zyklen wurden repräsentative Proben aus den Modellbehältern entnommen und metallografisch analysiert. Neben der bereits makroskopisch sichtbaren Blasenbildung in der Korrosionsschutzschicht - insbesondere im Bereich der Phasengrenze von Elektrolyt und Gasphase - wurden lichtmikroskopisch in Abhängigkeit von der vor Versuchsbeginn erfolgten definierten Schädigung der Korrosionsschutzschicht (Kratzer bzw. großflächiges Abscheuern) unterschiedlich starke korrosive Schädigungen des Grundwerkstoffs detektiert.

Weitere korrosive Auslagerungsversuche wurden mit Materialproben durchgeführt, die den von der GNS zur Verfügung gestellten Altgebinden (200-L- bzw. 400-L-Gebinde) entnommen wurden. Die Proben wurden hierzu verschiedenen korrosiven Medien ausgesetzt (z. B. Kondenswasser-Prüfklimate, Salzsprühnebel, Modellschlamm) und anschließend hinsichtlich einer korrosiven Schädigung untersucht.

Zudem wurden nach der korrosiven Belastung entsprechend präparierte Proben im Zugversuch gemäß DIN EN 10002 geprüft, um den Einfluss der Schädigung auf die mechanischen Kennwerte zu ermitteln. So wurde bei Proben, die für sechs Monate in einem feuchten Modellschlamm (Rückflusskühlung des Auslagerungsgefäßes) ausgelagert waren, eine Reduzierung der Zugfestigkeit um ca. 20 % (von 330 MPa beim unbelasteten Ausgangsmaterial auf 250 MPa) ermittelt. Auch die Bruchdehnung, die beim Ausgangsmaterial bei 25-30 % lag, nahm deutlich ab (5-10 % beim korrodierten Material). Die im feuchten Modellschlamm ausgelagerten Proben wiesen außerdem keine Streckgrenze mehr auf wie sie für das unbelastete Referenzmaterial ermittelt wurde. Durch die Untersuchung der mechanischen Kennwerte konnte außerdem die Bedeutung der vorhandenen Feuchtigkeit für einen korrosiven Angriff nachgewiesen werden: Wurden die Proben nämlich in einem trockenen Modellschlamm gleicher Zusammensetzung ausgelagert, waren die mechanischen Kennwerte auch nach einer sechsmonatigen Auslagerungszeit nahezu identisch mit den Werten des unbelasteten Referenzmaterials.

In Laborversuchen wurde die prinzipielle Eignung von Korrosionsschutzsystemen auf Silikonharz-Basis, die bereits in vielen Anwendungen außerhalb der Kerntechnik eingesetzt werden, für eine Verwendung als Korrosionsschutz im Behälterbau für die Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen geprüft. Hierzu wurden Modellbehälter aus Stahl mit dem Silikonharz beschichtet und anschließend mit einem repräsentativen Elektrolyten korrosiv belastet. Die Modellbehälter wurden definiert geschädigt (Kratzer) und mehreren Test-Zyklen bestehend aus Betrieb bei erhöhter Temperatur (80 °C) - Eindampfen des Behälterinhalts bei 150 °C - Nachfüllen von Elektrolyt - Betrieb bei erhöhter Temperatur (80 °C) unterworfen. Die Metallografie ergab, dass Korrosionsschutz auf Silikonharzbasis eine potenzielle Alternative zu den bisher im Behälterbau verwendeten Systemen bietet.

4. Geplante Weiterarbeiten

entfällt

5. Berichte, Veröffentlichungen

Jendras, M.; Bach, Fr.-W.; Behrens, S.; Hassel, T.: „Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern“. KONTEC 2007 - 8. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle (Dresden, 21.-23.03.2007), S. 917-925.

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8294
Vorhabensbezeichnung: Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge (KOBIOGEO)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 bis 30.09.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 508.035,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Büchel

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Messverfahren zur Kontrolle und Optimierung der biologischen Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate sollen entwickelt werden. Durch die Effizienzsteigerung des Entzugs von Radionukliden und Schwermetallen aus Geosubstraten über die Biomasse wird ein substantieller Beitrag zur Strahlenschutzvorsorge geleistet.

Die Untersuchung des prozessabhängigen Verhaltens von natürlich vorkommenden Seltenen Erden Elementen (SEE) wird zur Kontrolle und Optimierung der Aufnahme von Schwermetallen/ Radionukliden aus geogenen Materialien in Pflanzen genutzt. Mittels begleitender, vereinfachter Laborversuche können komplizierte Transferprozesse auf ihre wesentliche physikalische, chemische und biologische Wirkungsweise hin untersucht werden.

Die Ergebnisse sind inhaltlich umsetzbar für die Optimierung anderer Bioremediationsprojekte, für die eine hinreichend große Verfügbarkeit von natürlichen SEE sichergestellt ist. Die Einzelschritte werden im Hinblick auf eine Patentierung überprüft und die Ergebnisse in Lehrveranstaltungen und künftige Forschungsprojekte eingebracht mit dem Ziel eines Kompetenzerhalts im Umgang mit radiogenen Materialien.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Laboruntersuchungen

In Gefäßversuchen (10 l-Maßstab) werden Einzelprozesse innerhalb des Geosubstrat-Biomaterial-Interaktionsbereiches, sowie innerhalb einzelner Pflanzenkompartimente betrachtet. Die eingesetzten wässrigen Medien werden chemisch auf den Lösungsinhalt, die SEE-Fraktionierung und teilweise auf die Fraktionierung der stabilen Isotopen (^2H , ^{18}O , ^{13}C , ^{34}S) untersucht. In Kleinlysometerversuchen wird die Übertragbarkeit auf den Geländemaßstab überprüft.

Batch- und Säulenversuche dienen der Untersuchung des Freisetzungs- und Sorptionsvermögens von Schwermetallen/Radionukliden im Geosubstrat.

Testfeld Gessenwiese

Auf dem Testfeld werden ausgewählte Pflanzen angebaut und nach definierten Zeiträumen zu Analysezwecken geerntet. Daneben werden diverse Größen der klimatischen Wasserbilanz, der Hydrogeologie und der Hydrochemie ermittelt und Probenmaterial (Grundwasser, Sickerwasser, Bodenproben) für Analysezwecke gewonnen.

VKTA Rossendorf

Um die Übertragbarkeit der bis dato am Standort Gessenwiese ermittelten Ergebnisse der Labor- und Geländeuntersuchungen zu überprüfen, werden die Resultate auf einen neuen Anwendungsfall übertragen. Mittels Lysometerversuchen werden die Transferfaktoren für ^{90}Sr und ^{137}Cs an Substraten des Freigeländes des VKTA Rossendorf untersucht.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Laborarbeiten:

Im Zuge mikrobiologischer Untersuchungen zu bisherigen Säulenansätzen (u. a. Manganfreisetzung) konnten unter den gewählten Versuchsbedingungen (aerob) und isolierten Mikroorganismen keine Mangan-Reduzierer nachgewiesen werden. Anaerobe Tests folgen in den nächsten Monaten. Der Einsatz eines neuen, aus größerer Tiefe entnommenen Substrates erwies sich als erfolgreich. Sowohl Schwermetalle, Radionuklide als auch Seltene Erden Elemente (SEE) konnten im Substrat in Batchversuchen in größeren Konzentrationen nachgewiesen werden und bilden die Basis für alle folgenden Laborversuche im Säulen-Maßstab. Erste Säulenversuche zeigten hohe Schwermetall- sowie insbesondere Strontium- und Uran-Gehalte und auftretende Eisenfreisetzung, dessen Ursache in der Folge untersucht wird. Die mögliche Bestimmung von SEE ermöglicht nun die angestrebten Prozessstudien, auch unter mikrobieller Beeinflussung des Gesamtsystems.

Feldarbeiten:

Für Pflanzversuche in der Vegetationsperiode Frühjahr/Sommer 2007 wurden die Plots des Testfeldes entsprechend der vergangenen Pflanzperioden mit Mykorrhiza und Streptomycceten inokuliert. Als Bepflanzung wurden Sonnenblumen der Art „Peredovick“ ausgesät. Damit hat ein Wechsel der Frucht im Vergleich zu den Vorjahren stattgefunden. Hintergrund sind hohe Erwartungswerte des Mykorrhizierungsgrades bei Sonnenblumen und damit verbesserte Vorraussetzungen zur Untersuchung der Schwermetallaufnahme in Pflanzen bei Anwesenheit von Mykorrhiza.

Die Beprobung des Grundwassermessstellennetzes wurde fortgeführt. Ziel ist die Fortsetzung der Langzeitbeobachtung, um eventuell auftretende zeitlich bedingte Auswascheffekte oder Verlagerungen der Kontamination zu detektieren.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Laborexperimente werden in vollem Umfang mit dem ausgewählten Geosubstrat weitergeführt. Die Gewinnung von Wasserproben (Grundwasser, Bodenwasser) wird systematisch fortgesetzt. Der Parameter Redoxpotential in der ungesättigten Zone wird im Feldmaßstab an ausgewählten Stellen erfasst. Daneben wird die umfangreiche statistische Auswertung des vorhandenen Datenmaterials fortgesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

HAFERBURG, G., REINICKE, M., MERTEN, D., BÜCHEL, G., KOTHE, E. (2007): Microbes adapted to acid mine drainage as source for strains active in retention of aluminum or uranium. - Journal of Geochemical Exploration, 92, 196-204.

BÜCHEL, G., LONSCHINSKI, M., LORENZ, C. & MERTEN, D. (2007): Seltene Erden Elemente als natürliche Tracer für die Untersuchung von biogeochemischen Prozessen der Bioremediation von mit Radionukliden kontaminierten Gebieten. Proceedings KONTEC 2007, vom 21.-23.03. 2007 in Dresden, 575-587.

MERTEN, D., GRAWUNDER, A., LONSCHINSKI, M., LORENZ, C. & BÜCHEL, G. (2007): Rare earth element patterns related to bioremediation processes in a site influenced by acid mine drainage - IMWA Symposium 2007: Water in Mining Environments, Cidu, R. and Frau, F. (Eds.), Cagliari, Italy, 233-237.

Zuwendungsempfänger: Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8305
Vorhabensbezeichnung: Abbruch massiver Betonbauwerke der Energietechnik		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2005 bis 31.12.2007		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 295.177,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Müller

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben hat zum Ziel, den Abbruchprozess dickwandiger Betonbauteile aus hochwertigem Beton zu analysieren und darauf aufbauend geeignete Verfahren zu empfehlen, die einen wirtschaftlichen und gleichzeitig umweltschonenden Rückbau massiver Konstruktionen des Kernreaktorbaus ermöglichen. Kern des Vorhabens ist die umfassende Untersuchung und Bewertung der vorhandenen Methoden und Verfahren zum Abbruch und zur Dekontamination massiver Betonbauwerke der Energietechnik. Hierbei kommen ingenieur- und materialwissenschaftliche sowie wirtschaftswissenschaftliche Methoden zur Anwendung. Als Ergebnis der Forschungsarbeit soll ein Leitfaden entstehen, aus dem unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Randbedingungen diejenige Abbruchmethode abgeleitet werden kann, die bestmöglich die Anforderungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit erfüllen wird.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt ist in 3 Arbeitsschwerpunkte (AS) gegliedert:

- ASI: Sichtung, Auswertung und Archivierung des nationalen und internationalen Informations- und Datenmaterials zur Thematik des Forschungsvorhabens
- ASII: Entwicklung einer umfassenden Matrix zur vergleichenden Darstellung und Bewertung der identifizierten Abbruchverfahren
- ASIII: Erarbeitung eines Leitfadens als Entscheidungshilfe zur Auswahl geeigneter objektbezogener Abbruchverfahren oder auch Verfahrenskombinationen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Tätigkeiten des Arbeitsschwerpunktes I sind inzwischen abgeschlossen. Im vergangenen Halbjahr wurden nur noch die Schwerpunkte II und III bearbeitet.

AS II:

Die Arbeiten an der Bewertungsmatrix wurden im vergangenen Halbjahr fortgesetzt. Grundlage der Matrix ist ein Bewertungskonzept, das auf der Vorgehensweise nach Zimmermann basiert (siehe dazu auch form. Zwischenbericht für das 1. Halbjahr 2006).

Die Bewertung der einzelnen Verfahren erfolgt durch Vergabe von Bewertungspunkten. Dadurch ist es möglich, eine objektive und einheitliche quantitative Bewertung durchzuführen. U. a. wird dabei zwischen der Eignung der Verfahren für Normalbetone ohne und mit stahlbetonüblicher Bewehrung sowie für Normalbetone mit sehr dichter Bewehrung unterschieden. Geplant ist darüber hinaus eine Erweiterung der Verfahrensbewertung auf Schwerbetone, wie sie gerade für diverse kerntechnische Anlagen charakteristisch sind.

Derzeit wird die entwickelte Bewertungsmatrix durch Einarbeitung von Verfahrensparametern vervollständigt, die ökonomische und baubetriebswirtschaftliche Aspekte berücksichtigen. Hierbei wird u. a. auf die Zuarbeit des Projektpartners zurückgegriffen (siehe form. Zwischenbericht für das 2. Halbjahr 2006).

AS III:

Neben den im Arbeitsschwerpunkt II angesiedelten Tätigkeiten wurden die zum Arbeitsschwerpunkt III gehörenden Arbeiten an der Darstellung der Verfahren, insbesondere die textlichen Ausarbeitungen für den Leitfaden fortgesetzt.

Darüber hinaus liegen verschiedene Ausarbeitungen (Arbeitspakete) des Projektpartners im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeitsbewertung der Trenn- und Dekontaminationsverfahren vor. Sie stellen wichtige Ergebnisse der Zusammenarbeit in diesem Forschungsprojekt dar. Diese Arbeitspakete werden derzeit zusammengetragen und in die Bewertungsmatrix eingearbeitet.

4. Geplante Weiterarbeiten

Für das laufende Halbjahr sind u. a. folgende Tätigkeiten vorgesehen:

- Besuche in derzeit im Rückbaustadium befindlichen kerntechnischen Anlagen (Informationsgespräche mit verantwortlichen Planern von laufenden Rückbauprojekten)
- Fertigstellung der Verfahrensbewertung auf der Grundlage ökonomischer und baubetrieblicher Gesichtspunkte (Bearbeitung durch den Projektpartner)
- Fertigstellung des Leitfadens

5. Berichte, Veröffentlichungen

Folgende Kongressbeiträge wurden bisher veröffentlicht:

H. S. Müller, G. Herold, W. Hörenbaum, A. Neumann, K. Fleischer, R. Knappik:
Kerntechnische Anlagen – Aktuelle betontechnische Forschungsergebnisse. Schriftlicher Kongressbeitrag, 16. Internationale Baustofftagung „ibausil“, Weimar, 20. - 23. September 2006.

Hörenbaum, W.; Herold, G.; Müller, H. S.: Abbruchverfahren massiver Betonbauteile der Energietechnik. Schriftlicher Kongressbeitrag, 8. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Dresden, 21. - 23. März 2007.

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Str., 52428 Jülich		Förderkennzeichen: 02 S 8315
Vorhabensbezeichnung: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2005 bis 30.06.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 90.502,80 EUR		Projektleiter: Dr. Caspary

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gemeinschaftsvorhabens mit der TU München, das auf den Ergebnissen der Vorhaben mit den Förderkennzeichen 02S8081 und 02S8091 aufbaut, ist die Weiterentwicklung des Softwarepakets zur Reduktion des Aufwands für Kalibrierung, Auswertung und QA/QC und die damit verbundene Verbesserung von Präzision und Richtigkeit bei der Deklaration und Freimessung von Abfällen aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen. Die Software erlaubt dem Anwender Informationen oder Angaben zum individuellen Messobjekt bei der Inventaranalyse quantitativ zu verwerten. So lassen sich die Unsicherheiten bzgl. der Übereinstimmung der Eigenschaften des Messobjektes und der verwendeten Kalibrierung deutlich reduzieren. Die wesentlichen Ziele der Weiterentwicklung sind die Optimierung bestehender sowie die Erarbeitung und Ergänzung weiterer Inventaranalysemethoden, die Berücksichtigung der Ortsdosisleistung und die Internationalisierung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

- AS1: Entwicklung, Codierung, Integration und Validierung eines Moduls zur numerischen Berechnung der Ortsdosisleistung an Nuklearabfallgebinden.
- AS2: Entwicklung, Codierung, Testintegration und Test eines auf dem algebraischen Rekonstruktionsalgorithmus basierenden Moduls zur Aktivitätsbestimmung aus Oberflächenzählratenverteilungen aus dem Gamma-Scanning.
- AS3: Internationalisierung.
- AS4: Verbesserung der Ergonomie.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Mit der Entwicklung eines auf dem Prinzip des algebraischen Rekonstruktionsalgorithmus (ART) basierenden Moduls zur quantitativen Aktivitätsbestimmung aus Gamma-Scan-Daten bei inhomogener Aktivitätsverteilung wurde begonnen. Als Basis wurde ein schneller Algorithmus zur numerischen Simulation der Nachweisempfindlichkeit entwickelt, codiert und getestet. Mit diesem Werkzeug werden die Effizienzmatrizen für den ART-Algorithmus erzeugt. Der ART-Algorithmus ist in der ersten Testversion entwickelt und codiert. Erste Rekonstruktionen zeigen für Simulationswerte wie erwartet gute Übereinstimmung.

4. Geplante Weiterarbeiten

Testrechnungen sollen Aufschluss über die optimale Einstellung der Rechenparameter und die Leistungsfähigkeit des Algorithmus in seiner Gesamtheit geben. Auf dieser Basis werden viele unterschiedliche Objektmodelle mit derselben Zählratenverteilung ausgewertet. Mit diesen Daten wird geprüft, ob der Einsatz des Algorithmus das Aktivitätsinventar genauer bestimmt und eine belastbare Aussage über die Unsicherheit des Aktivitätsinventars zulässt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Simulation typischer Messsituationen im Rahmen der Freimessung von Material aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen, KONTEC 2007, Dresden, Deutschland.

Numerische Simulation von Ortsdosisleistungen, KONTEC 2007, Dresden, Deutschland.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8325
Vorhabensbezeichnung: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2005 bis 30.06.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 187.860,00 EUR		Projektleiter: Dr. Bücherl

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gemeinschaftsvorhabens mit dem Forschungszentrum Jülich GmbH, das auf den Ergebnissen der Vorhaben mit den Förderkennzeichen 02S8081 und 02S8091 aufbaut, ist die Weiterentwicklung des Softwarepakets zur Reduktion des Aufwands für Kalibrierung, Auswertung und QA/QC und die damit verbundene Verbesserung von Präzision und Richtigkeit bei der Deklaration und Freimessung von Abfällen aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen. Die Software erlaubt dem Anwender Informationen oder Angaben zum individuellen Messobjekt bei der Inventaranalyse quantitativ zu verwerten. So lassen sich die Unsicherheiten bzgl. der Übereinstimmung der Eigenschaften des Messobjektes und der verwendeten Kalibrierung deutlich reduzieren. Die wesentlichen Ziele der Weiterentwicklung sind die Optimierung bestehender sowie die Erarbeitung und Ergänzung weiterer Inventaranalysemethoden, die Berücksichtigung der Ortsdosisleistung und die Internationalisierung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Optimierung und Erweiterung der bereits entwickelten Analysealgorithmen.
2. Erweiterung und Verbesserung des den Simulationen zugrunde liegenden Objektmodells.
3. Verbesserte Einbindung von Messdaten und weiterer Informationen.
4. Flexibilisierung des Analyseverfahrens.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Begleitend zu den im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten wurde die Dokumentation, d. h. das Nutzerhandbuch, weiter fortgeschrieben. Dieses ist für den praktischen Einsatz des Programms durch Personen, die nicht in das Projekt eingebunden sind, unerlässlich.

Im Rahmen intensiver Testreihen wurden weitere Bugs in der Software behoben sowie eine Liste mit Punkten zur Verbesserungen der Nutzerfreundlichkeit erstellt. Diese werden im Rahmen einer Überarbeitung der Programmoberflächen – ohne deren wesentliche Struktur zu ändern – in die nächste Softwareversion eingearbeitet.

Die Arbeiten an der (automatischen) Analysefunktion wurden ebenfalls fortgeführt, konnten aber nicht wie ursprünglich geplant im Berichtszeitraum abgeschlossen werden. Es zeigte sich, dass für eine effektive Nutzung noch weitere Optimierungen des Algorithmus erforderlich sind.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Nutzerhandbuch soll im folgenden Halbjahr weitestgehend fertig gestellt und von RCM-eigenen Mitarbeitern auf Verständlichkeit und Anwendbarkeit getestet werden.

Die bislang ermittelten Punkte zur Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit werden in die nächste Programmversion eingearbeitet.

Der Schwerpunkt der Arbeiten wird aber auf der endgültigen Fertigstellung der (automatischen) Analysefunktion für das segmentierte Gamma-Scanning liegen. Diese wird unter Einbeziehung aller verfügbaren Informationen das wahrscheinlichste Aktivitätsinventar mit einem zugehörigen (realistischen) Toleranzbereich liefern.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66123 Saarbrücken		Förderkennzeichen: 02 S 8335
Vorhabensbezeichnung: Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 31.12.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 496.151,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Löbrich

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat zum Ziel, eine auf mechanistischer Grundlage basierende Abschätzung der Gefährdung durch niedrige Dosen ionisierender Strahlung zu erhalten. Dies ist für geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor zivilisatorischer Strahlenbelastung und für eine wissenschaftlich fundierte Festlegung von Grenzwerten für den Umgang mit und die Entsorgung von radioaktivem Material essentiell. Um verlässliche Vorhersagen über das Krebsrisiko in dem für den Strahlenschutz relevanten Dosisbereich von wenigen mSv machen zu können, müssen die für hohe Strahlendosen bekannten Risiken zu niedrigen Dosen hin extrapoliert werden. Dazu bedarf es eines mechanistischen Verständnisses der nach Bestrahlung mit niedrigen Dosen ablaufenden zellulären Prozesse, die zu für die Krebsentstehung relevanten genetischen Veränderungen führen. Ziel des Vorhabens ist es, solche genetischen Veränderungen im Bereich niedriger Dosen durch Untersuchungen an bestrahlten Personen zu erfassen und in einen quantitativen Zusammenhang zur Strahlendosis zu stellen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

In Menschen sollen zu verschiedenen Zeiten nach Exposition mit niedriger Strahlendosis DNA-Doppelstrangbrüche (DSBs) mittels Immunfluoreszenznachweis erfasst und mit dem Reparaturvermögen der einzelnen Individuen korreliert werden. Diese *in vivo* Studien sollen durch Zellkulturexperimente ergänzt werden, welche zum Ziel haben, die biologische Auswirkung der nach niedrigen Strahlendosen auftretenden DSBs zu ergründen und so einen direkten Bezug zur Krebsentstehung herzustellen.

Das Gesamtvorhaben wird in 4 Arbeitspakete eingeteilt. Die Arbeitspakete 1 und 2 beinhalten Untersuchungen zum Nachweis von DSBs in bestrahlten Personen und sollen in Zusammenarbeit mit den Instituten der Radiologischen Klinik der Universität des Saarlandes durchgeführt werden. Diese *in vivo* Studien sollen es ermöglichen, eine individuelle Bewertung der Strahlenreaktion und einer sich daraus ergebenden Risikoabschätzung vorzunehmen. Die Arbeitspakete 3 und 4 stellen Experimente mit Zellen in Kultur dar. Sie tragen maßgeblich dazu bei, die biologische Auswirkung einer ausbleibenden oder eingeschränkten DSB Reparatur zu bewerten und somit einen direkteren Zusammenhang zwischen der Strahlenexposition und einer möglichen Krebsentstehung aufzustellen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP2: Bestimmung des individuellen Reparaturvermögens bestimmter Personen / Personengruppen

Eine Zielsetzung des Forschungsprojektes umfasst die Überprüfung der Eignung des *in vivo* eingesetzten γ H2AX-Verfahrens als prädiktiven Test zur Erfassung der individuellen Strahlenreaktion vor Beginn einer strahlentherapeutischen Behandlung. Ein 2001 geborener Patient wurde aufgrund mehrerer Lungentumore in der Strahlentherapie behandelt. Allerdings reagierte dieser Patient mit ungewöhnlich schweren Nebenwirkungen (Lungenfibrose), woraufhin die Frage nach einer erhöhten Strahlensensitivität aufkam. Nach einer DSB-Reparaturuntersuchung von *ex vivo* bestrahltem Blut dieses Patienten konnte gezeigt werden, dass vor allem zu späteren Reparaturzeiten ein beträchtlicher Anteil von unreparierten DSBs auftrat, was auf einen Reparaturdefekt hinweisen kann. Damit kann ein Zusammenhang zwischen der individuellen

Reparaturkapazität von radiogen induzierten DSBs und dem Ausmaß strahlentherapeutischer Nebenwirkungen hergestellt werden. Durch die Verwendung des γ H2AX-Verfahrens als prädiktiven Test könnte das Risiko strahlentherapeutisch bedingter Nebenwirkungen minimiert und möglicherweise das Behandlungskonzept für Tumorerkrankte optimiert werden.

AP3: Reduzierung negativer Einflüsse für die Beobachtung von lebenden Zellen

Um DNA-Reparaturvorgänge in lebenden Zellen über einen langen Zeitraum (> 24 h) verfolgen zu können, müssen besondere Anforderungen an das Mikroskop, die Zellkultur- und Inkubationsbedingungen gestellt werden. Zur Beobachtung lebender Systeme im Mikroskop muss gesichert werden, dass nicht durch die Belichtung bereits eine Schädigung induziert wird. Besonders die Beobachtung der Zelle mit fluoreszenz-anregenden Wellenlängen kann aufgrund der Energieintensität problematisch sein. Aus diesem Grund wurden Aufnahmezeitpunkt und Belichtungsdauer so optimiert, dass sich belichtete und unbelichtete Zellen in ihren Wachstumsraten nicht unterscheiden. Darüber hinaus müssen die Bedingungen im Kultivierungssystem vergleichbar sein mit der Kultivierung in einem Zellkulturbrutschrank. Es muss eine Begasungseffizienz und Temperierbarkeit für das System erreicht werden, die sich von der Inkubation im Brutschrank nicht unterscheidet. Zur Lösung dieser Probleme setzen wir kompartimentierte Kultivierungsgefäße ein, die nach von uns durchgeführten Modifikationen eine direkte Begasung ermöglichen und durch einen 0,17 mm dicken Gefäßboden auch eine Beobachtung mit Ölimmersionsobjektiven und eine genaue Repositionierung erlauben. Mit dem derzeitigen System ist eine Lebendzellbeobachtung über 48 h möglich.

AP4: Untersuchung des Einflusses ionisierender Strahlung auf die Zellzyklusprogression und das Reparaturverhalten auf Einzelzellebene

Mittels Lebendzellmikroskopie kann untersucht werden, wie sich Zellen in ihrer Zellzyklusprogression während der Reparatur verhalten. Es kann geklärt werden, ob Zellen erst nach vollständiger Reparatur in die Mitose eintreten oder dies in Abhängigkeit der einwirkenden Strahlendosis von einem zu überschreitenden Schwellenwert abhängig ist. Die Zellzyklusphase der individuellen Zelle wird über das sich zellzyklusabhängig verhaltende DNA-Ligase I-Protein bestimmt. Mittels chemischer Transfektion wurde Fluoreszenzfarbstoff-gekoppelte DNA-Ligase I in die zu untersuchende Zelllinie eingebracht. In der S-Phase akkumuliert DNA-Ligase I an den Stellen der DNA-Replikation. Das entstehende „Punktmuster“ im Zellkern ist fluoreszenz-mikroskopisch sichtbar und identifiziert S-Phase Zellen. Außerhalb der S-Phase ist DNA-Ligase I homogen im Zellkern verteilt, und die Zellen zeichnen sich durch ein gleichmäßiges Fluoreszenzsignal aus. Mit diesem Ansatz ist somit eine selektive Beobachtung der Zellen in den unterschiedlichen Zellzyklusphasen möglich, sodass auch das Einsetzen bzw. Aufheben von Zellzyklus-Checkpoints identifiziert werden können.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP3: Etablierung effizienter Transfektionsverfahren für primäre Zelllinien

Ein Ziel ist die Etablierung eines effizienten Transfektionssystems für primäre Zelllinien. Gegenwärtig werden für die Lebendzellmikroskopie Tumorzellen verwendet. Tumorzellen haben den Nachteil, dass sie sich durch viele genetische Veränderungen, die sie aufgrund ihrer Transformation erfahren haben, für die Untersuchung von DNA-Reparatur und chromosomaler Stabilität nur bedingt eignen. Die aussagekräftigeren Modelle lassen sich von primären Zelllinien ableiten, die i. d. R. genetisch stabil sind und in allen Kontrollfunktionen des Zellzyklus der „Wildtyp“-Zelle im menschlichen Gewebeverband am nächsten kommen. Gegenwärtig werden an primären, immortalisierten Zellen Transfektionsmethoden auf der Grundlage der Elektroporation, sowie chemische Transfektionsmethoden getestet.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Krempler, A., Deckbar, D., Jeggo, P.A. and Löbrich, M. (2007), *Cell Cycle*, 6, 1682-1686

Kegel, P., Riballo, E., Kühne, M., Jeggo, P.A. and Löbrich, M. (2007), *DNA Repair*, Jul 17 (Epub ahead of print)

Zuwendungsempfänger: Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München		Förderkennzeichen: 02 S 8345
Vorhabensbezeichnung: Aufbau eines Systems isogener stabil diploider humaner Zelllinien mit gezielt durch RNA-Interferenz ausgeschalteten Genen zur Analyse des Zusammenhangs von DNA-Reparaturdefizienz, genomischer und chromosomaler Instabilität		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 30.09.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 300.930,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Eckardt-Schupp

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel dieses Vorhabens ist der Aufbau eines isogenen Systems von Telomerase-immortalisierten Human-Zelllinien zur Analyse des Zusammenhangs zwischen DNA-Reparaturdefizienz und genomischer Instabilität. Dazu sollen ausgehend von einer Wildtyp-Zelllinie weitere Tochterzelllinien (TZL) etabliert werden in denen mit Hilfe der RNAi-Technik gezielt Gene supprimiert werden, die für die zelluläre Entscheidung für einen bestimmten Doppelstrangbruch (DSB)-Reparaturprozess eine Rolle spielen. Anschließend sollen die Tochterzelllinien mit einer Vielzahl von molekularen und zytogenetischen Techniken (z. B. Strahlenempfindlichkeit, Zellzyklus-Checkpointaktivierung, DSB-Reparatur-Effizienz, Chromosomenaberrationen) charakterisiert werden. Von besonderem Interesse ist dabei die quantitative und qualitative Analyse der Reparatur von sequenzspezifisch induzierten chromosomalen DSBs. Dazu sollen geeignete Vektorsubstrate in das Genom der Zelllinien integriert werden, die zur Unterscheidung von homologer Rekombination (HR) und Nicht-homologer Endverknüpfung (nonhomologous endjoining, NHEJ) geeignet sind. Mit Hilfe der isogenen Zelllinien und der genannten Testverfahren soll der von uns postulierte kausale Zusammenhang von Doppelstrangbruchreparatur und genomischer bzw. chromosomaler Stabilität nachgewiesen werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Auswahl und molekulare sowie zytogenetische Charakterisierung einer geeigneten telomerase-immortalisierten humanen Zelllinie
- AP2: Herstellung und Charakterisierung abgeleiteter Tochterzelllinien durch Integration von neuen Vektorsubstraten, die parallel die qualitative und quantitative Analyse von HR und NHEJ ermöglichen
- AP3: Etablierung der RNAi-Technik zur Ausschaltung von ausgewählten Genen für HR und NHEJ zur Erzeugung von HR bzw. NHEJ defizienten Kontrollzelllinien und phänotypische Charakterisierung dieser Zelllinien
- AP4: Spezifische Ausschaltung von Genen für die eine Funktion bei der Regulation von DSB-Reparaturwegen postuliert wird
- AP5: Charakterisierung der verschiedenen TZL mit ihren spezifisch ausgeschalteten Genen mittels der für die Wildtyp-Linie etablierten Assays. Auswertung der Ergebnisse und Test der Hypothese

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP5: spontane Rekombination

Spontane Rekombinationsereignisse wurden nach Herunterregulierung von RAD50, MRE11 und AKT1 gemessen. Dabei zeigte sich, dass die spontane Rekombinationsrate nach Knockdown von MRE11 und RAD50, im Gegensatz zu NBS1 nicht verändert ist. Dazu passend konnte gezeigt werden, dass die Phosphorylierung von AKT1 in Mre11 und Rad50 herunterregulierten Zellen nicht verändert ist, wogegen der Knockdown von NBS1 zu einer deutlichen Reduzierung führt. Darüber hinaus führt auch der Knockdown von AKT1 zu einer 3-fachen Erhöhung der Rekombinationsereignisse im Vergleich zu Kontrollzellen. Zusammen weisen diese Befunde daraufhin, dass die durch NBS1 vermittelte Phosphorylierung von Akt1 eine Rolle bei der Regulation der Rekombination hat.

Zur weiteren mechanistischen Untersuchung der erhöhten Rekombinationsrate in NBS1 Knockdownzellen wurden die Lokalisation von Rad51 und die Bildung von RAD51 Foci untersucht. Erste Ergebnisse zeigen jedoch keinen Unterschied zwischen knockdown und Kontrollzellen.

AP5: Rolle von NBS1 in der Basenexcisionsreparatur (BER)

RPE-Zellen zeigen nach Knockdown von NBS1 eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber H₂O₂ und MMS-Behandlung. Außerdem konnte in NBS1 Knockdown Zellen eine erniedrigte PARP-1 Aktivität nach H₂O₂ und MMS-Behandlung festgestellt werden, was auf eine Störung in der BER hindeutet. Mit diesen Ergebnissen beschreiben wir eine völlig neue biologische Funktion von NBS1.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Bestimmung der spontanen Rekombinationsraten nach gezielter Modulation der Akt-Phosphorylierung durch Wachstumsfaktoren
- Weitere Untersuchung der Lokalisation von Rekombinationsfaktoren (Rad51, Brca1, Rad50, Mre11) nach Knockdown von NBS1 mittels Western Blot und Immunfluoreszenz
- Messung der Basenexcisionsreparatur nach Knockdown von NBS1 mit einem oligonukleotid-basierten *in vitro* Assay

5. Berichte, Veröffentlichungen

Sagan, D., Mörtl, S., Müller, I., Eckardt-Schupp, F., Eichholtz-Wirth, H: Enhanced CD95-mediated apoptosis contributes to radiation hypersensitivity of NBS lymphoblasts. Apoptosis. 2007 Apr; 12(4):753-67.

Mörtl, S.: Down Regulation von Genen durch RNA-Interferenz, in: Der Experimentator: Zellkultur, Elsevier, ISBN 978-3-8274-1564-6 (2007).

Zuwendungsempfänger: Gesellschaft für Schwerionenforschung mit beschränkter Haftung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8355
Vorhabensbezeichnung: Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.07.2010		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 2.189.464,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Kraft

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben soll mit molekular -und zellbiologischen Techniken die biologische Wirkung dicht ionisierender Strahlung, insbesondere die für den Strahlenschutz und die Therapie wichtigen Fragen der Langzeitwirkung untersuchen.

Wissenschaftliche Forschungsziele sind molekular-, zell- gewebe- und populationsrelevante Grundlagenforschung mit dicht ionisierender Strahlung, um die Mechanismen der Strahlenwirkung aufzuklären und den Strahlenschutz zu erweitern. Damit sollen die Risikofaktoren ionisierender Strahlung präzisiert werden, um auf der biomedizintechnischen Seite die Methoden der Strahlentherapie in der Tumormedizin und der Behandlung entzündlicher Prozesse weiter zu entwickeln.

Für diese Arbeiten werden zwei Arbeitsgruppen eingerichtet, die thematisch sowohl in die Forschung der TUD als auch der GSI integriert sind und mit entsprechenden Laboren und Arbeitsmethoden installiert werden. Um die Analysemethoden für die Experimente auf den derzeitigen Stand der Wissenschaft zu halten, ist eine enge Zusammenarbeit mit den vorhandenen Lehrstühlen der TUD geplant.

Zu den wesentlichen Aufgaben der TUD gehört auch die Vertretung des neuen Gebiets in der Lehre, d. h. in Vorlesungen und in Praktika, sowie Betreuung von Diplom- und Doktorarbeiten. Diese Lehrtätigkeit soll sich vor allem in das Curriculum Biologie einfügen. Zusätzlich ist eine enge Zusammenarbeit in der Studentenausbildung innerhalb des Arbeitsgebietes Bionik und mit der Physik geplant. Langfristig wird angestrebt, einen Studiengang Biophysik / Strahlenbiologie anzubieten. Eine Zusammenarbeit der TUD mit der FH wird auch auf diesem Gebiet angestrebt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Schwerpunkte der Forschungsvorhaben an der GSI sind folgende Untersuchungen:

- Cluster DNA-Schäden nach Ionenbestrahlung (im Plasmidmodell und in einzelnen Zellen)
- primäre Strahlen-induzierte DNA-Veränderungen (Strahlplatz Mikroskopie), Reparatur- und Signalübertragung, chromosomale Schäden
- Strahlenreaktion auf zellulärer Ebene: Proteinbiochemie, Zellzyklusanalyse und Zelltod (RBW)
- Langzeitfolgen der Strahlenwirkung: Differenzierung, Genetik, Transformation (RBW)
- Entzündungshemmende Effekte bei niedrigen Dosen
- Modellrechnungen und biologische Verifizierung
- Experimente am Mikrostrahl zur Wirkung kleiner Dosen

An der TUD sind folgende Schwerpunkte geplant:

- Erweiterung der Strahlenarten (Alpha-Teilchen)
- Strahlenwirkung Niedrigdosisbereich / Biomarker Strahlenschutz
- Mutationen / Einfluss v. Umweltnoxen – Potentierung
- Reparatur
- Zelluläre Strahlenwirkung/ Membran / Signalübertragung / Gewebeeffekte
- Strahlenwirkung auf Gewebe-Entwicklung /Regeneration

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Mit Wirkung vom 01.04.2007 wechselte Prof. Markus Löbrich von der Universität des Saarlandes in Homburg an die Technische Universität Darmstadt. Seitdem wurde mit dem Aufbau der Arbeitsgruppe „Molekulare Strahlenbiologie“ in Darmstadt begonnen. Zum 01.04. und 01.05. erfolgte die Einstellung von zwei Vollzeit beschäftigten Mitarbeitern

(Postdoktoranden) und zum 01.06. die von zwei halbtags beschäftigten Mitarbeitern (Doktoranden). Weiterhin wurde im Mai 2007 mit dem Auswahlverfahren zur Einstellung von zwei Technischen Assistentinnen begonnen, von denen eine zum 01.09.2007 ihre Tätigkeit aufnehmen wird. Über diese dem Forschungsvorhaben unmittelbar zugeordneten Stellen wurde mit der Einstellung von wissenschaftlichen Mitarbeitern über Drittmittelprojekte begonnen, die von der Universität des Saarlandes an die Technische Universität Darmstadt transferiert wurden.

Die geplanten Baumaßnahmen zur Unterbringung der Arbeitsgruppe „Molekulare Strahlenbiologie“ haben sich verzögert, so dass mit der Fertigstellung des Forschungsgebäudes vor Februar 2008 nicht zu rechnen ist. Da der Umzug der Arbeitsgruppe von Homburg nach Darmstadt allerdings schon zum Wintersemester 2007/08 notwendig ist, soll eine vorübergehende Unterbringung in einem Verfügungsgebäude der TUD erfolgen. Bis zum Umzug nach Darmstadt wird ein Großteil der Forschungstätigkeiten noch in Homburg stattfinden.

Im Sommersemester 2007 wurden von der Arbeitsgruppe die ersten Lehrveranstaltungen zur Thematik der biologischen Strahlenwirkung im Rahmen des Diplomstudienganges Biologie an der TUD angeboten. Darüber hinaus wurde damit begonnen, das Fachgebiet „Strahlenbiologie“ in das gegenwärtig konzipierte Bachelor- und Master-Programm der TUD einzubinden. In diesem Zusammenhang wird gegenwärtig auch die Einrichtung des zweiten Lehrstuhls vorgenommen.

Der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten im Berichtszeitraum lag auf der Aufklärung der molekularen Mechanismen, die insbesondere für die Reparatur von DNA Schäden nach Einwirkung dicht ionisierender Strahlung von Bedeutung sind. Hierbei spielen vor allem komplexe DNA Doppelstrangbrüche (DSBs) eine herausragende Rolle, was u. a. dadurch zum Ausdruck kommt, dass vielfältige zelluläre Reaktionen und Faktoren zur Behebung dieses DNA Schadens existieren. Wir haben zeigen können, dass neben den bekannten Faktoren zur Reparatur von DSBs (DNA-PK, DNA Ligase IV, usw.) weitere Komponenten notwendig sind, die gerade bei der Prozessierung von komplexen, durch dicht ionisierende Strahlung hervorgerufenen DSBs eine Rolle spielen (1). Außer der DSB-Reparatur sind in der Schadensantwort auf komplexe DSBs auch Vorgänge zur Regulation des Zellzyklus wichtig. Dabei hält die Zelle beim Vorliegen von DSBs die Progression durch den Zellzyklus an, um hinreichend Zeit für den Reparaturvorgang zu gewinnen. Dabei hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass der Zellzyklusarrest nicht bis zur vollständigen Reparatur aller DSBs aufrecht erhalten wird (2), was auch für das generelle Verständnis der Krebsinduktion durch DNA-schädigende Agenzien von großer Bedeutung ist (3).

Die Reparatur von komplexen DSBs nach Bestrahlung mit Kohlenstoffionen bei Therapie ähnlichen Bedingungen und Strahlendosen war ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten an der GSI. So konnte gezeigt werden, dass im ausgedehnten Bragg Peak, der dem Tumorbereich entspricht, ein kleiner aber lange persistierender Anteil an nicht reparierten DSBs detektiert wird. Im Bereich des Eingangsbereichs bei hochenergetischen Kohlenstoffionen werden die DSBs hingegen vollständig repariert (Y. Schweinfurth, Doktorarbeit).

4. Geplante Weiterarbeiten

Der Aufbau der Arbeitsgruppe soll weiter vorangetrieben werden, wobei in der zweiten Jahreshälfte der Umzug von Homburg nach Darmstadt im Mittelpunkt stehen wird. Vor dem Umzug wird im August 2007 noch ein strahlenbiologisches Praktikum für fortgeschrittene Biologiestudenten der TUD in Homburg angeboten. Für das Wintersemester 2007/08 soll dann der Umfang der angebotenen strahlenbiologischen Lehrveranstaltungen noch weiter erhöht werden. In der zweiten Jahreshälfte soll auch mit der Anschaffung von größeren Forschungsgeräten, wie z. B. Mikroskopiersystem, Durchflusszytometer oder Röntgenbestrahlungsanlage, begonnen werden.

Der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten wird in der zweiten Jahreshälfte auf Untersuchungen zur Entstehung komplexer DSBs durch unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung liegen, wobei insbesondere Experimente mit verschiedenen dicht ionisierenden Teilchenstrahlen von Bedeutung sein werden. Weiterhin soll die Rolle der für die Prozessierung von komplexen DSBs notwendigen Komponenten aufgeklärt werden. Hierbei soll untersucht werden, welche Bedeutung der Vorgang der homologen Rekombination für die Reparatur von komplexen DSBs hat. Ein weiteres Arbeitspaket wird sich mit der Funktion des Tumorsuppressorgens p53 bei der Kontrolle des G2/M Übergangs befassen. Diese Untersuchungen sind für ein besseres Verständnis der Regulation von DSB-Reparatur und Zellzykluskontrolle wichtig und ermöglichen die Aufklärung der Rolle dieser beiden Vorgänge bei der Krebsinduktion.

Schließlich soll damit begonnen werden, an der TUD das Fachgebiet „Strahlenbiologie“ als festen inhaltlichen Bestandteil in das gegenwärtig konzipierte Bachelor- und Master Programm für Biologiestudenten zu integrieren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

- (1) A. Shibata, N. Rief, K. Dahm, A. Noon, A. Goodarzi, M. Löbrich und P. Jeggo, 2007, ATM-dependent non homologous end-joining and checkpoint defects of damage response mediator proteins. *EMBO Journal*, eingereicht.
- (2) A. Krempler, D. Deckbar, P. Jeggo und M. Löbrich, 2007, An imperfect G2/M checkpoint contributes to genomic instability following irradiation of S and G2 phase cells. *Cell Cycle* **6**: 1682.
- (3) M. Löbrich und P. Jeggo, 2007, The impact of a negligent G2/M checkpoint on genomic instability and cancer induction. *Nature Review Cancer*, eingereicht.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8356
Vorhabensbezeichnung: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2006 bis 31.03.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 443.947,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Knorr

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Es wird die Weiterentwicklung und nukleare Erprobung eines Verfahrens vorgesehen, das der radioaktiven Dekontamination von Beton im Oberflächenbereich dient. Dazu soll Laserstrahlung so eingesetzt werden, dass die Abtragung und die Konditionierung der abgelösten radioaktiven Partikel in einem Technologieschritt erfolgt.

Nachauftragnehmer der TU Dresden (TUD): VKTA Rossendorf e.V.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- API: Herstellen der radioaktiven Probekörper
- APII: Externe Bestimmung der spezifischen Aktivität der Ablationsprodukte
- APIII: Detailuntersuchungen zur elektrostatischen Abscheidung von Radioisotopen bei unterschiedlichen Temperaturniveaus
- APIV: Detailuntersuchungen zur elektrostatischen Abscheidung von Radioisotopen bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten
- APV: Detailuntersuchungen zur elektrostatischen Abscheidung von Radioisotopen bei unterschiedlichen Temperaturniveaus und Strömungsgeschwindigkeiten
- APVI: Detailuntersuchungen zum elektromagnetischen Abheben von Schmelzetropfen
- APVII: Adaption einer Koaxialdüse zum Austragen der Schmelze
- APVIII: Integration der elektrostatischen Abscheidung in die Koaxialdüse
- APIX: Demonstration des optimierten Zusammenwirkens der einzelnen Prozessschritte
- APX: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Fortführung der Untersuchungen zum Abdampf-, Kondensations- und Ablagerungsverhalten der Radionuklide Cs-137, Co-60 und Sr-85 im Temperaturbereich bis 2500 °C unter Kurzzeitbedingungen (Minutenbereich). Verbesserung der Aktivitätsbilanzen vor/nach Laserbearbeitung durch den Einsatz höherer Einzelaktivitäten von Sr-85 und Cs-137.

Beginn der Arbeiten mit Uran belasteten Betonproben. Einführung eines qualitativen und quantitativen laser-spektroskopischen Nachweisverfahrens (LIPS: Nd-YAG-Laser induced plasma spectroscopy) für Uran in Betonproben und im Abtrag als schnelle Vergleichsmethode für ICP-MS Messungen.

Erweiterung der Ergebnismatrizen zur Ermittlung optimaler Laserparameter unter Verwendung neu gestalteter Ausblasdüsen mit deutlich höherer Strömungsgeschwindigkeit bei insgesamt verringertem (gepulsten) Luftmassenstrom, wodurch der unerwünschte Kühleffekt auf die entstehende Schmelze reduziert werden konnte, was wiederum zu einer Erhöhung der Schmelzebildung führt.

Ergebnisse:

Die Abtragsleistung kann durch eine gezieltere Luftstrahlführung in Kombination mit den Laserparametern weiter verbessert werden. Das neue Ausblasdüsensystem wird anschließend in die Koaxial-Absaugdüse integriert.

Die Auswertung der Radionuklidversuche wird zurzeit durchgeführt.

Während sich das LIPS Nachweisverfahren für die relevanten Nuklide im Beton grundsätzlich eignet, bereitet die geringe Absorptionsrate der Nd:YAG Strahlung in der reinen Glasphase Probleme. An der Lösung des Problems wird gearbeitet.

4. Geplante Weiterarbeiten

Fortführung der Arbeiten entsprechend Arbeitsplan.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag auf Tagung KONTEC-2005

Vortrag Jahrestagung Kerntechnik 2006

Vortrag auf Tagung KONTEC-2007

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstraße 45, 47803 Krefeld		Förderkennzeichen: 02 S 8366
Vorhabensbezeichnung: Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2006 bis 31.01.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 440.490,00 EUR		Projektleiter: Dyllong

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist der Nachweis der großtechnischen Machbarkeit von Hochgeschwindigkeitsflammspritz-Beschichtungen auf Endlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten.

Ausgehend von der Klassifizierung bisheriger Beschichtungen von Nuklearkomponenten erfolgt die Adaption der HVOF-Technologie für die Anwendungen der Nukleartechnik sowie die Auswahl von Komponenten für die Verifizierung der großtechnischen Umsetzung. Parallel wird ein Programm für mögliche Reparatur- und Nachbehandlungsschritte erarbeitet.

Mit der Durchführung des Vorhabens werden Grundlagen für die Reparatur von Langzeitzwischenlagerbehältern einerseits und für die Auslegung und Fertigung von End- und Zwischenlagerkomponenten andererseits geschaffen. Das Vorhaben erschließt ein zusätzliches Sicherheitspotential im Hinblick auf die Betriebsphase eines Endlagers und den möglichen Einfluss einer korrosiven Atmosphäre. Das Verfahren trägt zu einer Weiterentwicklung im Bereich Korrosionsschutz für Zwischen- und Endlagerkomponenten sowie von HVOF-Beschichtungsverfahren bei, so dass neue Nutzungsmöglichkeiten und Optionen für wissenschaftliche Weiterentwicklungen eröffnet werden.

Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit der Universität Hannover – Institut für Werkstoffkunde (Vorhaben mit dem Förderkennzeichen 02S8386) durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP2.1: Klassifizierung bisheriger Beschichtungen
Spezifizierung bisheriger Beschichtungen von ausgewählten Nuklearkomponenten und die Gegenüberstellung zu den im Vorfeld des Vorhabens gewonnenen Ergebnissen.
- AP2.2: Adaption der HVOF-Technologie für die Anwendungen in der Nukleartechnik
Prüfung bestehender Regelwerke, Einbeziehung entsprechender Sicherheitsrandbedingungen (z. B. Schallschutz) und die Festlegung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Machbarkeitstest an einer zylindrischen Kleinkomponente (ca. 7t).
- AP2.3: Auswahl von Komponenten für die Verifizierung der großtechnischen Umsetzung
Auswahl des Equipments insbesondere der Filter- und Manipulatorstechnik zur Beschichtung des Großzylinders.
- AP2.4: Programm möglicher Reparatur- und Nachbehandlungsschnitte
Definition und Auswahl der Nachbehandlungs- und Reparaturzonen.

- AP2.5: Großtechnische Realisierung
HVOF-Beschichtung eines Großzylinders. Begleitend findet die Beprobung, Auswertung und Dokumentation statt.
- AP2.6: Berichterstattung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP2.1: Literaturstudie zur Klassifizierung bisheriger metallischer Beschichtungsverfahren in der Nukleartechnik durch die GNS in Bearbeitung; Definition der Anforderungen an die Korrosionsschutzschicht für Zwischenlagerbehälter abgeschlossen
- AP2.2: Festlegung auf einen potentiellen Lieferanten von Thermischen Spritzanlagen; weitere Klärung von Randbedingungen bzgl. Spritzbarkeit der Bauteilgeometrie; Ertüchtigung (mech. Bearbeitung) der Kleinkomponente für das thermische Spritzen; Ergebnisdurchsprache der ersten Runde von Probebeschichtungen; zweite Runde von Probenbeschichtungen inkl. Ergebnisdurchsprache; Berichte der Untersuchungsergebnisse in Bearbeitung; Definition des Beschichtungsmaterials und der Beschichtungsstärke
- AP2.3: Diskussion/Vor-Ort-Besichtigung mit Beschichtern bzgl. der Beschichtung von Großbehältern; Identifikation von Bauteilgeometrien, die mit besonderem Augenmerk beschichtet werden müssen (z. B. scharfe Kanten, Übergang Boden-Wandbereich, etc.); Identifikation des notwendigen Equipments und der Randbedingungen (z. B. Schallschutz)
- AP2.4: Überlegungen zu punktuellen und linienförmigen, simulierten Fehlstellen im Beschichtungswerkstoff mit Durchgang zum Grundwerkstoff; Herstellung von Probenmaterial
- AP2.5: Weitere, detaillierte Diskussionen mit Beschichtern zur Abklärung der Randbedingungen
- AP2.6: Keine Aktivität

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP2.1: Abschluss der Literaturstudie
- AP2.2: Beschichtung der Kleinkomponente; Untersuchung der beschichteten Kleinkomponente als auch der begleitenden Probebeschichtungen beim IW Hannover
- AP2.3: Weitere Diskussionen mit Lieferanten zur Beschichtung der Großkomponente
- AP2.4: Durchführung von Reparaturmaßnahmen an simulierten Fehlstellen im Beschichtungswerkstoff; Untersuchung der reparierten Stellen am IW Hannover
- AP2.5: Weitere Diskussionen mit Lieferanten zur Beschichtung der Großkomponente
- AP2.6: Dokumentation der Ergebnisse der Probenuntersuchungen; Dokumentation der Kleinkomponentenbeschichtung; Dokumentation der Reparaturschichtuntersuchungen

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8376
Vorhabensbezeichnung: Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.01.2010		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 973.314,00 EUR		Projektleiter: Dr. Lierse von Gostomski

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Bestimmung schwer messbarer, langlebiger Radionuklide wie z. B. ^{10}Be , ^{41}Ca , ^{79}Se , ^{93}Mo , welche für Betrachtungen zur Langzeitsicherheit von Endlagerstätten und zur Beurteilung der radiologischen Belastung des Menschen und der Umwelt ein unerlässlicher Gesichtspunkt sind. Solch langlebige Nuklide sind in Abfallströmen zwar deklarationspflichtig, aber experimentell schwer zugänglich. Die üblichen Abschätzungen über Modelle sind aufgrund fehlender experimenteller Datenbasis fehlerbehaftet. Das Vorhaben soll experimentelle Methoden erarbeiten, um solch schwer messbare Nuklide verlässlich quantifizieren zu können und die Datenbasis für künftige Modellrechnungen zu verbessern.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Ausarbeitung von Trennungsgängen für die zu quantifizierenden Nuklide zur Abtrennung der Fremdaktivitäten unter Berücksichtigung der besonderen Probenmatrizes und der nachfolgenden Analytik
2. Optimierung der Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS) hinsichtlich der Isobarensseparation
3. Präparation von Realproben nach 1. und Messung mit AMS nach 2
4. Optimierung der hochauflösenden induktiv-gekoppelten Massenspektrometrie (ICP-RMS) analog 2
5. Präparation von Realproben nach 1. und Messung mit ICP-HRMS nach 4.
6. Radiochemische Neutronenaktivierungsanalyse für Nuklide, welche dadurch theoretisch zugänglich sind

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Für die folgenden Nuklide ist die Erarbeitung der chemischen Abtrennung inklusive der für die Massenspektrometrie wichtigen Isobarensparation mithilfe radioaktiver Tracer erfolgreich abgeschlossen: ^{41}Ca , ^{59}Ni , ^{79}Se , ^{87}Rb , ^{93}Zr , ^{107}Pd , ^{135}Cs . Für ^{93}Mo stehen noch Teilaspekte aus; die Abtrennung von ^{129}I ist noch zu optimieren; ^{94}Nb und ^{126}Sn müssen noch vollständig bearbeitet werden.

In Wien wurden mit ^{99}Tc erste vielversprechende Messungen mit short-time NAA an einer ^{99}Tc -Reinprobe sowie einer Abfallmatrix durchgeführt.

^{93}Mo , ^{59}Ni und ^{41}Ca wurden erfolgreich aus unterschiedlichen Abfallmatrizes abgetrennt und mit AMS vermessen.

Mit ^{129}I wurden erste Experimente bzgl. chemischer Abtrennung und Bestimmung über NAA durchgeführt.

Die Arbeiten zur Isobarensparation (wichtig für die Massenspektrometrie) wurden mit Radiotracern (im FRM II produziert) entwickelt und können daher als verlässlich betrachtet werden. Seit dem letzten Zwischenbericht konnte ^{59}Ni mit AMS eindeutig und störungsfrei aus einer Verdampferschlacke sowie einem Reaktordruckbehälter bestimmt werden. ^{93}Mo wurde mit AMS aus dem gleichen Reaktordruckbehälter bestimmt, allerdings war dies bei der ersten Messung noch nicht verlässlich möglich – es zeigte sich Optimierungsbedarf für die chemische Abtrennung von ^{93}Mo , insbesondere hinsichtlich der Abtrennung des stabilen Isobars ^{93}Nb .

^{99}Tc konnte in Wien bei ersten Messungen mittels short-time NAA aus einer ^{99}Tc -Reinprobe sowie einer Abfallmatrix mit dominierenden Fremdaktivitäten (^{60}Co , ^{137}Cs) bestimmt werden. Die Bestimmung von ^{129}I aus einer Abfallmatrix mittels NAA ist möglich, bedarf aber noch weiterer Optimierung bzgl. verschiedener Parameter bei der Aktivierungsanalyse.

4. Geplante Weiterarbeiten

Nachdem für die meisten relevanten Nuklide inzwischen die chemische Abtrennung sowie die Isobarensparation bearbeitet sind, werden die nächsten Schritte sein, geeignete Probenmaterialien auszuwählen und diese gezielt auf ausgewählte Nuklide zu untersuchen.

In nächster Zeit sind verstärkt Messungen an der ICP-HRMS angedacht, beginnend mit ersten orientierenden Untersuchungen an inaktiven Substanzen, um diese Messmethode in das Projekt zu integrieren.

Bzgl. (R)NAA sind Optimierungsarbeiten für ^{129}I und ^{99}Tc notwendig (chemische Abtrennung sowie Messmethodik), insbesondere sollen in Wien Arbeiten zur Bestimmung der Nachweisgrenze für ^{99}Tc stattfinden.

Für ^{41}Ca , ^{79}Se und ^{107}Pd sind in Zusammenarbeit mit externen Kollegen grundlagenwissenschaftliche Untersuchungen in Planung bzw. es laufen „Verhandlungen“ diesbezüglich.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8386
Vorhabensbezeichnung: Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.01.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 202.982,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Bach

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist der Nachweis der großtechnischen Machbarkeit von Hochgeschwindigkeitsflammspritz-Beschichtungen auf Endlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten.

Ausgehend von der Klassifizierung bisheriger Beschichtungen von Nuklearkomponenten erfolgt die Adaption der HVOF-Technologie für die Anwendungen der Nukleartechnik sowie die Auswahl der Komponenten für die Verifizierung der großtechnischen Umsetzung. Parallel wird ein Programm für mögliche Reparatur- und Nachbehandlungsschritte erarbeitet. Mit der Durchführung des Vorhabens werden Grundlagen für die Reparatur von Langzeitzwischenlagerbehältern einerseits und für die Auslegung und Fertigung von End- und Zwischenlagerkomponenten andererseits geschaffen.

Das Vorhaben erschließt ein zusätzliches Sicherheitspotential im Hinblick auf die Betriebsphase des Endlagers und den möglichen Einfluss einer korrosiven Atmosphäre. Das Verfahren trägt zur Weiterentwicklung im Bereich Korrosionsschutz für Zwischen- und Endlagerkomponenten sowie von HVOF-Beschichtungsverfahren bei, so dass neue Nutzungsmöglichkeiten und Optionen für wissenschaftliche Weiterentwicklung eröffnet werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Literatur-Recherche.
- AP2: Klassifizierung bisheriger Beschichtungen.
- AP3: Korrosionsuntersuchungen von Spritzschichten mit verschiedenen chemischen bzw. elektrochemischen Prüfverfahren.
- AP4: Adaption bestehender Technologie.
- AP5: Definition und Auswahl Nachbehandlung.
- AP6: Korrosionsuntersuchungen und metallografische Analyse an ausgewählten Reparaturbeschichtungen.
- AP7: Transfer der Laborergebnisse auf eine Großkomponente.
- AP8: Bewertung der Beschichtungen hinsichtlich Technologie, Wirtschaftlichkeit, Einsatzmöglichkeiten und Optimierungsmaßnahmen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Literatur-Recherche:

Abschluss der Literaturstudie zur Klassifizierung bisher angewendeter Beschichtungsverfahren mit metallischen Werkstoffen in der Nukleartechnik.

AP3: Korrosionsuntersuchungen von Spritzschichten:

Bislang sind zwei Probenreihen untersucht worden. Die erste Probenreihe umfasste Proben, bei denen die Schichten mit unterschiedlichen Verfahren, verschiedenen Spritzwerkstoffen mit variierenden Schichtdicken aufgebracht worden waren. Zum Einsatz kam dabei neben dem HVOF-Verfahren auch das Kaltgasspritzen mit unterschiedlichen Schutzgasen und als Spritzwerkstoffe Nickel und Nickelbasislegierungen mit Schichtdicken von 150µm – 1200µm. Nach den Untersuchungen konnte aber festgestellt werden, dass Schichtdicken von 150µm keinen ausreichenden Korrosionsschutz darstellen, Schichtdicken von 1000µm sind dagegen unwirtschaftlich. Auch das Kaltgasspritzen ist wegen des sehr hohen Gasverbrauchs unrentabel, außerdem ließen auch die Untersuchungsergebnisse keine signifikanten Vorteile dieses Verfahrens erkennen.

Die Proben der zweiten Runde wurde mit Nickel oder Nickelbasislegierungen im HVOF-Verfahren oder galvanisch mit Reinnickel beschichtet. Die Schichtdicke sollte einheitlich 300µm betragen.

Zur Charakterisierung der Beschichtungen der zweiten Probenreihe wurden Schichtdickenmessungen am Querschliff, Untersuchung der Porosität (Ferroxyltest), Korrosionstests (Wassertest (24 Stunden Auslagerung in Leitungswasser), Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS) und Haftfestigkeitsprüfung nach DIN EN 582 durchgeführt:

- Metallografische Untersuchung:
Für die metallografische Analyse zur Charakterisierung des Ausgangszustands und zur Schichtdickenbestimmung wurden Querschliffe angefertigt. Die vorgegebene Schichtdicke von 300µm wurde in den meisten Fällen eingehalten oder etwas überschritten, die Schichten sind gleichmäßig und haben eine gute Anbindung an den Grundwerkstoff.
- Untersuchung der Porosität der Beschichtung (Ferroxyltest):
Alle Proben wurden dem Ferroxyltest unterzogen, die erhaltenen Ergebnisse fielen sehr unterschiedlich aus. Bei den geprüften Proben waren keine porenfreien Beschichtungen, auch nicht bei den galvanisch abgeschiedenen Schichten, festgestellt worden. Die prozentuale Probenhäufigkeit bewegte sich zwischen 2 und < 60 %.
- Korrosionsuntersuchung „Wassertest“:
Da die beschichteten Behälter unter Wasser beladen werden, ist das Bestehen des „Wassertests“, d. h. eine Auslagerung der Proben über 24 Stunden in Leitungswasser ohne Korrosionsereignis, essentiell. Die meisten Proben wiesen nach Testende keine Korrosionserscheinungen auf, lediglich bei der Probe mit der „Favor“-Beschichtung konnten korrosive Schädigungen festgestellt werden.
- Korrosionsuntersuchung (Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS):
Die Proben wurden über 14 Zyklen (14 Tage) nach DIN 50021 SS, Salzsprühnebeltest, ausgelagert. Dabei traten bei den meisten Proben schon nach 24 Stunden erste Korrosionserscheinungen auf. Eine Beschichtung mit einer chromhaltigen Nickelbasislegierung erwies sich allerdings als wirksamer Korrosionsschutz, es konnten nach Testende keine korrosiven Schädigungen festgestellt werden.
- Bestimmung der Haftzugfestigkeit nach DIN EN 582:
Die Haftzugfestigkeit der Beschichtung ist nach DIN EN 582, Stempelabrissverfahren, bestimmt worden. Für die reinen Nickelspritzschichten wurden Werte zwischen 90 und 100 MPa ermittelt, bei den Proben mit einer Nickelbasislegierung wurde eine Haftzugfestigkeit von 100 MPa bestimmt. Die Werte deuten auf eine sehr gute Anbindung der Spritzschichten an den Grundwerkstoff hin.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP3: Korrosionsuntersuchung von Spritzschichten:

Fortführung der Korrosionsuntersuchungen von unter Berücksichtigung der Ergebnisse der ersten beiden Probenreihen ausgewählten Spritzschichten. Metallografische Analyse von unbelastetem Referenzmaterial zur Charakterisierung des Ausgangszustands;

Untersuchung des Korrosionsverhaltens von Grundwerkstoff und beschichtetem Material im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS;

metallografische Analyse der im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS an den Proben initiierten korrosiven Schädigungen sowie licht- sowie rasterelektronenmikroskopische Charakterisierung von Schadstellen in der Spritzschicht.

AP5: Definition und Auswahl Nachbehandlung:

Prüfung bestehender Regelwerke, Einbeziehung entsprechender Sicherheitsrandbedingungen (z. B. Schallschutz) und die Festlegung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

AP6: Korrosionsuntersuchungen und metallografische Analyse an ausgewählten Reparaturbeschichtungen:

Untersuchung der Reparaturbeschichtungen durch Wasser- und Ferroxyltest, sowie Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS, metallografische Untersuchung der reparierten Schadstellen.

AP7: Transfer der Laborergebnisse auf eine Großkomponente:

Machbarkeitstest an einer zylindrischen Kleinkomponente (ca. 7t).

AP8: Bewertung der Beschichtungen:

Dokumentation und Diskussion der Ergebnisse sowie deren Einbeziehung in das weitere Untersuchungsprogramm.

5. Berichte, Veröffentlichungen

„Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten - SHARK -, Norbert Dyllong, Dr. Wolfgang Steinwarz, Reiner Wienert, Karl-Heinz Kramm, Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Krefeld / D, Prof. Dr. Friedrich-Wilhelm Bach, Thomas Hassel, Sabine Behrens, Leibniz Universität Hannover, Institut für Werkstoffkunde, Garbsen / D, Abstract zum Vortrag KONTEC 2007, Dresden, 21.-23.03.07

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8396
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 31.12.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 437.041,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Kothe

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben dient der Strahlenschutzvorsorge durch biologische Dekontamination von radioaktiven Bauschutt unter Einsatz geeigneter Mikroben. Es untersucht mikrobiologische (Bakterien, Pilze) und biotechnische (Beregnung) Prozesse, die insgesamt eine optimale Ausnutzung von Bepflanzungsstrategien zur sanften Remediation von radioaktiv belastetem Bauschutt in einer Biosituationsbereinigung erlauben sollen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Lysimeterversuche: Eine Weiterführung der begonnenen Lysimeterversuche untersucht den Einfluss der Bepflanzung und mikrobiellen Inokulation auf Dekontamination von Bauschutt und dem Vergleichssubstrat einer Halde, im zweiten Jahr auch Messung der Einflussgröße von Mikroben durch Antibiotika/Mykostatika.

Pilotanlage: Eine Pilotanlage auf der Basis des erworbenen Wissens soll aufgebaut werden. In ihr werden Substrate aus dem Rückbau des Forschungsreaktors Rossendorf eingesetzt, die die Anwendbarkeit der Ergebnisse sicherstellen werden. Für die Einrichtung der Pilotanlage sind zunächst Genehmigungsverfahren notwendig.

Verfahrensbeschreibung: Die Umsetzung der erzielten Ergebnisse in eine Pilotanlage wird durch die WISUTEC GmbH vorbereitet. Alle Ergebnisse werden in der Lehre verbreitet.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse aus der Ernte der Lysimeter in 2006 ergab eine Bestätigung der Aufnahme der mobilen Fraktion von Strontium, die bereits früher beschrieben wurde. So konnten im Bauschutt durch Mykorrhizierung 200 % Steigerung der Aufnahme von Strontium in Sonnenblumen erreicht werden, und auch die Aufnahme von Caesium in Mais und Sonnenblume war durch die Mykorrhizierung deutlich verbessert. Die Inokulation mit Bodenbakterien ergab insbesondere eine Veränderung der Bindungseigenschaften der Isotopen im Boden, die in der laufenden Bepflanzungskampagne (Sommer 2007) aber noch überprüft und abgesichert werden muss. Die Ergebnisse wurden dem Bericht auf der Tagung KONTEC 2007 zugrunde gelegt.

Die Analyse der Mikroben für die Überlebensrate nach einem Winter konnten positiv abgeschlossen werden. Die bakteriellen Inokula konnten in Lysimeter- und Felduntersuchungen wieder gefunden werden, und die gefundenen Zellzahlen zeigen, dass die Bakterien nicht nur im alkalischen Substrat überleben, sondern sich in der Vegetationsperiode auch vermehrt haben. Durch den Winter sind die Keimzahlen erwartungsgemäß zurückgegangen, so dass neue Inokulation die Konkurrenzfähigkeit in der neuen Anbauphase erhöhen kann. Daher wurde in diesem Frühjahr erneut inokuliert. Allerdings zeigt sich auch, dass eine nachhaltige Beeinflussung mit einmaliger Inokulation möglich ist, wobei

allerdings die Keimzahl eine geringere Beeinflussung des Systems erwarten lässt, als dies im laufenden Versuch zur Vergleichbarkeit mehrjähriger Anpflanzung wünschenswert war. Die Mykorrhizapilze sind obligat biotroph, d. h. sie lassen sich nur durch „Fangpflanzen“ quantifizieren, was im Lysimeterversuch der neuen Bepflanzungskampagne entsprechen würde, so dass hier eine Quantifizierung erst nach Beendigung der Pflanzsaison 2007 möglich ist. Der Mykorrhizierungsgrad wurde in allen Lysimetern untersucht und kann als sehr gut (ca. 80 % der Wurzeln zeigen Mykorrhizierung) eingestuft werde.

Über Winter wurden zwei Varianten für die Variation des Wassergehalts durch Abdecken bzw. offenes Stehen über Winter eingestellt, mit denen im laufenden Pflanzjahr der Einfluss der Bodenfeuchte auf den Austrag der Schwermetalle/Radioisotopen mit dem Sickerwasser analysiert wird.

Die inzwischen erfolgte Identifizierung von Siderophoren der Bakterien wurde zur Publikation eingereicht. Hier schient eine chemische Charakterisierung der durch bakterielle Inokulation erfolgten Festlegung von Schwermetallen in der Bodenmatrix mittelfristig möglich.

Die Lysimeteruntersuchungen haben damit wertvolle Eingangsdaten für das Betreiben einer Pilotanlage geliefert. Weitere Versuche in der Pflanzsaison 2007 sind durch die erneute Bepflanzung der Lysimeter im Frühjahr 2007 wie geplant ermöglicht worden.

Die erforderlichen Genehmigungsverfahren für die Errichtung einer Pilotanlage durch den Unterauftragnehmer WISUTEC sind abgeschlossen, so dass zur Zeit der Bau der Pilotanlage erfolgt.

4. Geplante Weiterarbeiten

2007/6-10:	Dritte Vegetationsperiode mit dem Schwerpunkt auf der abschließenden Bewertung der Lysimeteruntersuchungen.
2007/10:	Ernte der Kleinlysimeter sowie, falls noch eine Pflanzung erfolgen kann, der Pilotanlage.
2007/11-2008/3:	Datenerhebung der geernteten Biomassen.
2008/3-9:	Pflanzzeit 2008 mit Datenerhebung in Kleinlysimetern und Pilotanlage.
2008/9-12:	Auswertung und Erstellen eines umfassenden Arbeitsberichts mit Leitfaden zur biologischen Dekontamination von alkalischen Substraten.
2008/12:	Abschlussbericht

5. Berichte, Veröffentlichungen

Abschlussbericht des Vorhabens Baubio, Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Terpitz U, Kothe E (2006) Diversity and adaptation of soil fungi in an ecosystem with contamination originating from a phosphate fertilizer plant. *J Appl. Bot. Food Qual.* 80, 187-193.

Kothe E. 2006. Pilze. In: Schlegel – Allgemeine Mikrobiologie, 8. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart.

Kothe E. Überarbeitung von: Alexander SK, Strete D (2006) Mikrobiologisches Grundpraktikum – ein Farbatlas. Pearson Verlag, München.

Reinicke M (2006) Analyse mikrobieller Diversität in Bodenproben: Methodenentwicklung zur Nutzung DAN-basierender Microarrays. Diplomarbeit, Friedrich-Schiller-Universität, Jena.

Schindler F (2006). Untersuchungen zur mikrobiellen Aktivität und Diversität im Bereich des schwermetallbelasteten Testfelds „Gessenwiese“. Magisterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität, Jena.

Schütze, E (2007). Aufreinigung und Charakterisierung einer nickelhaltigen Superoxid-Dismutase aus *Streptomyces acidiscabies* E13. Magisterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität, Jena.

Haferburg G (2007) Studies on heavy metal resistance of bacterial isolates from a former uranium mining area. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität, Jena.

Schmidt A, Schmidt A, Haferburg G, Kothe E (2007) Superoxide dismutases of heavy metal resistant streptomycetes. *J. Basic Microbiol.* 2007, 47, 56-62.

Haferburg G, Kothe E (2007) Biotonnen für Schwermetalle. Bodenmikroben zur Steigerung der Phytoextraktion. *WLB Zeitschrift für Umwelttechnik, Supplement TerraTech* 6/2007, TT23-24.

Zuwendungsempfänger: SGE Spezialgeräteentwicklung GmbH, Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8406
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 31.08.2008		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 353.540,00 EUR		Projektleiter: Pfaff

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat das Ziel der Weiterentwicklung der Technologie „Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien“ für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz. Das Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien ist ein universell einsetzbares Trenn- und Abtragsverfahren, welches sich durch folgende Merkmale auszeichnet:

- leichtes Werkzeug
- vibrationsfreies und berührungsloses Trennverfahren
- Trennbarkeit fast aller Materialien und Materialgemische
- geringe Wärmeausbreitung
- Bearbeitungsprozess ohne Krafteintrag
- Manipulatoreinsatz möglich
- preiswerte Verschleißteile

Damit sind verschiedene Einsatzmöglichkeiten gegeben:

- Katastrophenschutz (z. B. THW)
- Zerlegung von kontaminierten Materialien
- Rückbau von Kernkraftanlagen
- Aufbereitung von zum Recycling vorgesehener Baugruppen

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Entwicklung Strömungsoptimierter Brennerkopf
- AP2: Entwicklung Handbrenner
- AP3: Zerlegeversuche an Reaktorelementen
- AP4: Entwicklung Brenner für Flächenabtrag
- AP5: Entwicklung Brenner für Unterwassereinsatz
- AP6: Entwicklung Auffangvorrichtung für Schmelze

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Für die Untersuchung der Möglichkeiten des Flächenabtrages kontaminierter Objekte wurde die Versuchsanlage modifiziert, sodass Objekte in verschiedenen Winkellage zum Brenner aufgespannt und bewegt werden können. Erste Versuche wurden durchgeführt.

AP2: Untersuchungen zum Flächenabtrag wurden an nicht kontaminierten Betonsteinen durchgeführt. Dazu wurden Parametervarianten (Stromstärke / Leistung, Luftdruck, Objektwinkel) unter Beobachtung des Abschmelzergebnisses sowie der Durchmischung mit den Untergrundschichten untersucht.

Mit einer neuartigen Düsengeometrie mit Wirbelgas wurden erste Schneidversuche an Betonsteinen durchgeführt, die der Ermittlung von neuen Prozessparametern dienen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Weitere Versuche mit dem neuen Brenner mit der Zielsetzung der Ergebnisermittlung maximale Schneiddicke in Bezug auf den bisherigen Brenner werden Aussagen ermöglichen, inwieweit der Einsatz von Hüllgas einen Zuwachs an Schneidleistung bringt. Dies ermöglicht Aussagen in Hinsicht auf zu erwartende maximale Schneidleistungen mit größeren Plasmaschneidanlagen.

Basierend auf den Versuchen zum Flächenabtrag wird in Zusammenarbeit mit dem VKTA eine mögliche Technologie zum Abtrag kontaminierter Schichten erarbeitet. Parallel zu den Versuchen werden Varianten des Schmelze-Auffangens getestet.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstr. 7, 72074 Tübingen		Förderkennzeichen: 02 S 8416
Vorhabensbezeichnung: Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2007 bis 31.12.2009		Berichtszeitraum: 01.01.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 220.644,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Rodemann

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Phänomen der Hyperradiosensitivität im niederen Strahlendosisbereich spricht für eine hohe biologische Wirksamkeit der so genannten „*low-dose*“-Strahlung. Molekulare Ursache für die Hyperradiosensitivität könnte die Notwendigkeit eines Mindestschadens für die Induktion der DNA-Reparatur sein, da bekannt ist, dass durch „*low-dose*“-Bestrahlung induzierte DNA-Schäden über lange Zeit im Genom persistieren können. Das Ziel des vorgeschlagenen Forschungsvorhabens ist es deshalb, die Bedeutung spezifischer, durch ionisierende Strahlung induzierter Zellüberlebensmechanismen (EGFR-Kerntranslokation und DNA-Reparatur) für das Phänomen der Hyperradiosensitivität (HRS) zu identifizieren und zu analysieren, wie und ob durch den Radioprotektor Phosphotyrosin, welcher DNA-Reparaturprozesse stimuliert, das HRS-Phänomen im Sinne des zellulären Überlebens modulierbar ist und die Persistenz von DNA-Schäden nach „*low-dose*“-Bestrahlung aufgehoben oder reduziert werden kann. Die Ergebnisse sollen Aussagen ermöglichen, ob durch die molekulare Wechselwirkung von p-Tyr mit dem EGFR und die dadurch stimulierbare DNA-Reparatur die Hyperradiosensitivität und die Persistenz von DNA-Schäden nach „*low-dose*“-Bestrahlung unterdrückt werden kann und somit die potentiell damit verbundenen Gefahren reduziert werden können.

In diesem Vorhaben soll speziell untersucht werden, inwiefern das TP53-Protein in den molekularen Mechanismus der HRS eingebunden ist und ob durch selektive Radioprotektoren, die TP53-spezifisch wirken, eine Modulation des HRS-Phänomens zu erreichen ist. Ziel ist somit die spezifische Beantwortung der Funktion des TP53-Proteins im Kontext einer Radioprotektion zur Unterbindung des HRS-Phänomens und die Aufklärung der Bedeutung des strahleninduzierten EGFR-Kerntransportes in der Regulation der Sensitivität von Zellen nach „*low-dose*“-Strahlenexposition.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Wird TP53 durch „*low-dose*“-Bestrahlung aktiviert/stabilisiert?
2. Gibt es differenzielle Unterschiede in der DNA-Reparaturkinetik von TP53wt. bzw. TP53mt.-Zellen nach „*low-dose*“-Bestrahlung?
3. Kann das zelluläre Überleben und die DNA-Reparaturkinetik nach „*low-dose*“-Bestrahlung durch den Radioprotektoren BBI und p-Tyr beeinflusst werden?
4. Gibt es differenzielle Unterschiede in der Aktivierung von DNA-Reparaturkomponenten in TP53wt. bzw. TP53mt.-Zellen nach „*low-dose*“-Bestrahlung?

5. Gibt es eine Dosis- und Zeitabhängigkeit des EGFR-Kerntransportes durch Bestrahlung im „*low-dose*“-Bereich?
6. Beeinflusst ein Kerntransport-defizienter EGFR die zelluläre Strahlenempfindlichkeit nach „*low-dose*“-Bestrahlung?
7. Wirkt p-Tyr in Zellen mit Kerntransport-defizientem EGFR radioprotektiv?

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im **AP1** wurden nach Bestrahlung der Zellsysteme im „*low-dose*“-Bereich (5, 25, 50, 100, 250, 500 mGy) zu folgenden Zeitpunkten nach Bestrahlung (0, 1, 3, 6, 16 h) durchgeführt und die Zelllysate kryoasserviert. Die verschiedenen Zellproben wurden/werden danach mittels Gelelektrophorese bzgl. der TP53-Proteinstabilisierung mittels Western-Blot-Analyse von TP53 einerseits und einer EMSA-Analyse zur Bestimmung der DNA-Bindeaktivität von TP53 unterzogen. Darüber hinaus wurden/werden parallel dazu asservierte Zellproben für die Quantifizierung der Apoptose und des Zellzyklusarrestes aufgearbeitet. Die Auswertung der Ergebnisse dieses Arbeitspaketes kann erst fertig gestellt werden, wenn alle Proben bis Ende August / Mitte September 2007 mit den verschiedenen Techniken aufgearbeitet sind.

Die Untersuchungen zum **AP2** wurden entsprechend dem Zeitplan im Juli 2007 begonnen und werden bis Juni 2008 (Projektmonate 16) noch bearbeitet.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die geplanten Weiterarbeiten umfassen bis Ende August/Mitte September 2007 die Auswertung der Ergebnisse der Untersuchungen zu Arbeitspaket 1, sowie gemäß Zeitplan die Weiterführung der begonnenen Untersuchungen im Arbeitspaket 2. Ebenso wird erwartet, dass das Arbeitspaket 3 (Projektmonate 9-16) im November 2007 begonnen werden kann und ebenso die weiteren Arbeitspakete 4, 5, 6 und 7 gemäß Zeitplan und basierend auf den Vorergebnissen in Angriff genommen werden können.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Aufgrund der derzeit noch nicht ausreichenden Datenlage kann noch keine Originalpublikation zum gegenwärtigen Zeitpunkt vorgelegt werden. Die Thematik des Projektes ist allerdings teilweise in einen Review-Artikel, der auf Einladung des Int. J. Radiation Biology entstanden ist, eingearbeitet.

Zuwendungsempfänger: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistr. 52, 20251 Hamburg		Förderkennzeichen: 02 S 8427
Vorhabensbezeichnung: Genomische Instabilität durch Doppelstrangbrüche: Bedeutung des Single-strand annealing		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2007 bis 28.02.2009		Berichtszeitraum: 01.03.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 242.558,00 EUR		Projektleiter: Dr. Dahm-Daphi

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit diesem Projekt soll untersucht werden, ob für die Reparatur von DNA Doppelstrangbrüche der Weg des „Single-strand annealings“ (SSA) eine besondere Bedeutung hat. Im Gegensatz zu den beiden Hauptwegen, dem „nicht-homologen endjoining“ und der „homologen Rekombination“ ist über diesen Reparaturweg in Säugerzellen wenig bekannt, sodass er hier erstmalig umfassend charakterisiert werden soll. Insbesondere soll die Rolle des SSA für die genomische Instabilität erforscht werden. Daraus ergibt sich zusätzlich die Frage, ob dieser Weg in Tumorzellen und für die Tumorenstehung eine besondere Rolle spielt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Häufigkeit des SSA

AP2: Zellzyklusabhängigkeit des SSA

AP3: Regulation des SSA

AP4: Entstehung von Translokationen durch SSA

AP5: SSA in Tumorzellen vs. SSA in Normalzellen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurde vor allem an den Arbeitspaketen 1, 2, 3 und 5 gearbeitet. Es wurden spezifische Reparaturkonstrukte zur Messung von SSA in Hamsterzellen mit unterschiedlichen Reparaturdefekten (AP1 und 3), in Nierenepithelzellen und in die erste humane Tumorzelle (AP5) integriert. Es wurde über „Knockdown“-Techniken homologe Rekombination unterdrückt und an der Optimierung der Synchronisation von Zellen im Zellzyklus gearbeitet (AP2). Außerdem wurde als Vorstufe zum universellen Reparaturkonstrukt (wie im Projektantrag beschrieben) ein Konstrukt kloniert und integriert, dass zunächst das Verhältnis von homologer Rekombination und nicht-homologen endjoining messen kann (zu AP1).

Als Ergebnis der bisherigen Arbeitsphase lässt sich Folgendes zusammenfassen: SSA hat neben den beiden Hauptreparaturwegen mit etwa 2-4 % einen nennenswerten Anteil an der Doppelstrangbruchreparatur. Dieser Anteil erhöht sich jedoch auf bis zu 44 %, wenn die anderen, normalerweise dominanten Wege, nicht zur Verfügung stehen oder inaktiv sind. Diese und weitere Ergebnisse zeigen, dass SSA somit als Ersatzweg dienen kann im Falle, dass eine Reparatur auf andere Weise nicht möglich ist. Interessanter Weise wird SSA genetisch, zumindest teilweise durch Proteine kontrolliert, die bisher ausschließlich den Hauptreparaturwegen, dem „nicht-homologen endjoining“ und der „homologen Rekombination“, zugeschrieben wurden.

4. Geplante Weiterarbeiten

1. SSA-Reparaturkonstrukte werden in Hamsterzellen mit weiteren genetischen Defekten (irs1-SF und XR1 Zellen) integriert und Reparatur analysiert (zu AP1 und AP3).
2. Zellzyklussynchronisation in CV1-Nierenzellen optimiert sodass SSA in G1 oder S/G2 Zellen gemessen werden kann (zu AP2).
3. Funktionelle Testung eines Zwischenkonstruktes pEJGC und anschließend Klonierung des Konstruktes pEJGCSSA (zu AP1)
4. Inaktivierung von Rad52 über siRNA und Bestimmung der Rolle dieses zentralen SSA-Proteins für die Regulation aller drei Reparaturwege.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Abstract eingereicht beim internationalen „Meeting on DNA Repair Damage Signalling and Carcinogenesis“ der Deutschen und Französischen Gesellschaften für DNA Reparaturforschung in Toulouse, September 2007.

Zuwendungsempfänger: Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8437
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 30.04.2010		Berichtszeitraum: 01.05.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 482.046,00 EUR		Projektleiter: Prof. Dr. Bach

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In der Bundesrepublik Deutschland befinden sich zurzeit 17 Kernkraftwerke im Rückbau, wovon das Kernkraftwerk Niederaichbach und der HDR in Karlstein bereits vollständig demontiert und die "Grüne Wiese" wieder hergestellt werden konnten. Hierbei konnten umfangreiche Erfahrungen gesammelt werden, so dass aus heutiger Sicht keine grundsätzlichen technischen Schwierigkeiten beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen mehr bestehen.

Die Zerlegung von radiologisch belasteten Großkomponenten bleibt jedoch eine schwierige Aufgabe. Zum Einen müssen diese Arbeiten zumeist fern hantiert bzw. automatisiert durchgeführt werden, zum Anderen sind die Abmessungen groß und die Strukturen und Einbausituationen komplex. Sofern die etablierten Verfahren, wie thermisches Schneiden, Nippeln, Sägen, Seilsägen usw., hier nicht oder nur mit reduzierter Leistungsfähigkeit eingesetzt werden können, sind diese Arbeiten zum Teil nur unter hohen zeitlichen und finanziellen Aufwendungen zu realisieren.

Das Forschungsvorhaben setzt an diesem Punkt an: Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung von flexiblen und kostengünstigen Werkzeugen zum Rückbau von Stahl- bzw. Stahl-Verbund-Komponenten (armerter Schwerstbeton, verlorene Schalungen) basierend auf dem Trennschleifprozess.

Hierzu werden zunächst Hartstoffe qualifiziert, die als Alternative zum Diamant, neben Beton, auch gegenüber Stahl eine hohe Schnittleistung und Standzeit aufweisen. Anschließend werden Hartstoffsegmente als Metall-Matrix-Komposite entwickelt und gefertigt, wiederum experimentell mit einem zu entwickelnden Prüfstand qualifiziert und schließlich an Wand- und Schwertsägen, sowie an eine Seilschleifmaschine adaptiert und praxisnah getestet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Grundlagenuntersuchungen zum Schneidverhalten von Hartstoffen an Stahl und CrNi-Stahl

- Fertigung der Reibstifte mit Hartstoff-Einlage sowie der Stahl-Probekörper
- Inbetriebnahme und Einregelung des Tribometer-Messstandes
- Durchführung von Erosionsversuchen
- Erfassung des quantitativen Verschleißes an Hartstoff und Probekörper, Bestimmung der Verschleißmodi

- AP2: Untersuchungen zum Schneidverhalten von unterschiedlichen Schneidstofflegierungen
- a.) Herstellung der Schneidsegmente
 - b.) Aufbau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes zur Untersuchung der Schneideigenschaften von Einzel-Schneidsegmenten
 - c.) Durchführung von Schneidversuchen
 - d.) Erfassung des quantitativen Verschleißes an Schneidsegmenten und Stahlproben, Bestimmung der Verschleißmodi
- AP3: Entwicklung, Konstruktion und Fertigung von Schneidgeräten zum Trennen von Stahl und CrNi-Stahl sowie Praxistests
- AP4: Abschlusspräsentation und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Recherchen und Vorarbeiten zur Inbetriebnahme bzw. Modifikation des am IW vorhandenen Tribometer-Prüfstandes:
- a.) Planung und Entwurf von Probenhaltern (Reibstiften) zur Belegung mit entsprechenden Hart-Werkstoffen durch die Fa. Büdiam; Planung von Wirkflächen-Geometrien und Beschichtungstechnik.
 - b.) Planung und Entwurf von Reibpartner-Discs für den Tribometer-Teststand aus Stahl und CrNi-Stahl als Referenzwerkstoffe.
- AP2: Recherchen und vorbereitende Maßnahmen für den Entwurf und die Konstruktion des Prüfstandes für Schneidsegmente:
- a.) Entwurf eines Anlagenkonzepts zur Realisierung der vorgesehenen Bewegungsarten (linear / oszillierend).
 - b.) Vorbereitende Maßnahmen zur Adaptierung der im BMBF Projekt „EMOS“ (Förderkennzeichen 02S8102) angeschafften Steuer- und Regelausrüstung.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Fertigung von Probenhaltern am IW und Beschichtung mit Hartstoffen beim Projektpartner Büdiam. Durchführung von ersten Erosionsversuchen zur Beurteilung des Beschichtungsprozesses, zur Einregelung des Tribometers und zur Anpassung der Analysetechniken bzgl. Reibstift und Disc.
- AP2: Entwicklung und Konstruktion des Schneidsegmente-Prüfstandes. Zeitnaher Beginn der Fertigung des Prüfstandes und Integration der vorhandenen Mess- und Regeltechnik.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: BÜDIAM Diamantwerkzeuge R. und N. Büttner GmbH, Industriestr. 5a, 35713 Eschenburg		Förderkennzeichen: 02 S 8447
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 30.04.2010		Berichtszeitraum: 01.05.2007 bis 30.06.2007
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 300.480,00 EUR		Projektleiter: Dr. Weber

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In der Bundesrepublik Deutschland befinden sich zurzeit 17 Kernkraftwerke im Rückbau. Hierbei konnten umfangreiche Erfahrungen gesammelt werden, so dass aus heutiger Sicht keine grundsätzlichen technischen Schwierigkeiten beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen mehr bestehen.

Die Zerlegung von radiologisch belasteten Großkomponenten bleibt jedoch eine schwierige Aufgabe. Das Forschungsvorhaben setzt an diesem Punkt an: Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung von flexiblen und kostengünstigen Werkzeugen zum Rückbau von Stahl- bzw. Stahl-Verbund-Komponenten (armierter Schwerstbeton, verlorene Schalungen) basierend auf dem Trennschleifprozess.

Hierzu werden zunächst Hartstoffe qualifiziert, die als Alternative zum Diamant, neben Beton, auch gegenüber Stahl eine hohe Schnittleistung und Standzeit aufweisen. Anschließend werden Hartstoffsegmente als Metall-Matrix-Komposite (MMC) entwickelt und gefertigt, wiederum experimentell mit einem zu entwickelnden Prüfstand qualifiziert und schließlich an Wand- und Schwertsägen sowie an eine Seilschleifmaschine adaptiert und praxisnah getestet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Grundlagenuntersuchungen zum Schneidverhalten von Hartstoffen an Stahl und CrNi-Stahl

- a.) Fertigung der Reibstifte mit Hartstoff-Einlage sowie der Stahl-Probekörper
- b.) Inbetriebnahme und Einregelung des Tribometer-Messstandes
- c.) Durchführung von Erosionsversuchen
- d.) Erfassung des quantitativen Verschleißes an Hartstoff und Probekörper, Bestimmung der Verschleißmodi

- AP2: Untersuchungen zum Schneidverhalten von unterschiedlichen Schneidstofflegierungen
- a.) Herstellung der Schneidsegmente
 - b.) Aufbau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes zur Untersuchung der Schneideigenschaften von Einzel-Schneidsegmenten
 - c.) Durchführung von Schneidversuchen
 - d.) Erfassung des quantitativen Verschleißes an Schneidsegmenten und Stahlproben, Bestimmung der Verschleißmodi
- AP3: Entwicklung, Konstruktion und Fertigung von Schneidgeräten zum Trennen von Stahl und CrNi-Stahl sowie Praxistests
- AP4: Abschlusspräsentation und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Recherchen hinsichtlich Literaturnachweisen. Auswertung der Literaturnachweise in der Art, dass eine Hartstoffauswahl in Hinsicht ihrer technischen Eigenschaften, ihrer Verwendungsfähigkeit und ihrer Beschaffungsmöglichkeit erfolgt.
Durchführung von Informationsgesprächen mit Instituten, die sich in anderer Weise mit Hartstoffen beschäftigen. (Inst. für Werkstoffe, Bochum; MPIE, Düsseldorf; Inst. für Zerspanungstechnologie, Dortmund).
Sondierung und vorbereitende Maßnahmen für die Herstellung von Schleifstiften mit Hartstoffauflage. Eruieren der im Hause möglichen Herstellungsumsetzung.

- AP2: Sondierung der Wege für die Herstellung von Schneidsegmenten.

4. Geplante Weiterarbeiten













AP1:

- Sammlung von weiteren Informationen zur Thematik Hartstoffe im Hinblick auf Hartstoffauswahl, Korngrößen und Kennwerte
- Herstellung von mit Hartstoffen belegten Schleifstiften, die im Tribometer des IW auf ihre Funktionalität überprüft werden. Verwendung von zunächst gängigen Hartstoffen (Diamant, WC, WC/W2C). Zur Findung der optimalen Geometrie für den Tribostand werden die Schleifstifte in verschiedenen Formen produziert
- IW informiert Büdiam über geeignete Längen-/Durchmesserhältnisse der Schleifstifte
- IW führt erste Triboversuche zum Funktionstest des Versuchsstandes durch. Der Tribostand bietet Drehzahlen von 1-3000 UPM. Bei einem Gegenkörperdurchmesser von 150 mm ergeben sich eine Abrasionsgeschwindigkeit bei 3000 UPM von ca. 23,5 m/s. Anwender – Schnittgeschwindigkeiten liegen in der Regel bei Beton bei 15 – 30 m/s und Stahl bei < 15 m/s
- Planung nächste Projektbesprechung: September 2007 bei Büdiam in Hirzenhain

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

2.3 Ausführende Forschungsstellen

BÜDIAM Diamantwerkzeuge R. und N. Büttner GmbH, Industriestr. 5a, 35713 Eschenburg	
02 S 8447	Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen  94
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin	
02 S 8021	Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Weiterführende Untersuchungen (EBER III)-  42
02 S 8274	Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße  58
Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstr. 7, 72074 Tübingen	
02 S 8416	Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin - <i>Strahlenforschung</i>  88
Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Str., 52428 Jülich	
02 S 8315	Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen  66
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena	
02 S 8294	Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge  62
02 S 8396	Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt  84
Gesellschaft für Schwerionenforschung mit beschränkter Haftung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt	
02 S 8203	Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen - <i>Strahlenforschung</i>  48
02 S 8355	Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen - <i>Strahlenforschung</i>  74
Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover	
02 S 8284	Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern  60
02 S 8386	Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-  82
02 S 8437	Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen  92

Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München

- 02 S 8264 Anpassung einer Ionen-Mikrostrahleinrichtung für Untersuchungen zur Dynamik von geschädigten DNA-Regionen und zur Rekrutierung von Reparaturfaktoren - *Strahlenforschung* 56
- 02 S 8345 Aufbau eines Systems isogener stabil diploider humaner Zelllinien mit gezielt durch RNA-Interferenz ausgeschalteten Genen zur Analyse des Zusammenhanges von DNA-Reparaturdefizienz, genomischer und chromosomaler Instabilität - *Strahlenforschung* 72

SGE Spezialgeräteentwicklung GmbH, Lohmener Str. 11, 01796 Pirna

- 02 S 8406 Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz 17

Siempelkamp Giesserei GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld

- 02 S 8011 Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM III)- 40

Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld

- 02 S 8366 Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK- 78

STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen

- 02 S 8172 Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR) 46

Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden

- 02 S 8356 Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung 76

Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München

- 02 S 7951 Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren 38
- 02 S 8142 Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger 44
- 02 S 8325 Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen 68
- 02 S 8376 Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren 80


Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), 76131 Karlsruhe

- 02 S 8223 Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette - *Strahlenforschung* 52
- 02 S 8305 Abbruch massiver Betonbauwerke der Energietechnik 64


Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66123 Saarbrücken

- 02 S 8335 Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung  70
- *Strahlenforschung*


Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40225 Düsseldorf

- 02 S 8213 Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen  50
normalen und malignen hämatopoetischen Zellen
- *Strahlenforschung*

Universitätsklinikum Essen, Universität Duisburg-Essen, Hufelandstraße 55, 45147 Essen

- 02 S 8254 Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für  54
die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen
- *Strahlenforschung*

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistr. 52, 20251 Hamburg

- 02 S 8427 Genomische Instabilität durch Doppelstrangbrüche: Bedeutung des  90
Single-strand annealing
- *Strahlenforschung*